

Müller, Marc [Hrsg.]; Schumann, Svantje [Hrsg.]

Technische Bildung. Stimmen aus Forschung, Lehre und Praxis

Münster ; New York : Waxmann 2021, 218 S. - (Gespräche zum Sachunterricht; 1)



Empfohlene Zitierung/ Suggested Citation:

Müller, Marc [Hrsg.]; Schumann, Svantje [Hrsg.]: Technische Bildung. Stimmen aus Forschung, Lehre und Praxis. Münster ; New York : Waxmann 2021, 218 S. - (Gespräche zum Sachunterricht; 1) -

URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-213578 - DOI: 10.31244/9783830992905

<http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-213578>

<http://dx.doi.org/10.31244/9783830992905>

in Kooperation mit / in cooperation with:



WAXMANN
www.waxmann.com

<http://www.waxmann.com>

Nutzungsbedingungen

Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz:
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de> - Sie

dürfen das Werk bzw. den Inhalt vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen sowie Abwandlungen und Bearbeitungen des Werkes bzw. Inhaltes anfertigen, solange sie den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen und die daraufhin neu entstandenen Werke bzw. Inhalte nur unter Verwendung von Lizenzbedingungen weitergeben, die mit denen dieses Lizenzvertrags identisch, vergleichbar oder kompatibel sind.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

This document is published under following Creative Commons-License:

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.en> - You may copy, distribute and transmit, adapt or exhibit the work or its contents in public and alter, transform, or change this work as long as you attribute the work in the manner specified by the author or licensor. New resulting works or contents must be distributed pursuant to this license or an identical or comparable license.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.



Kontakt / Contact:

peDOCS

DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation

Informationszentrum (IZ) Bildung

E-Mail: pedocs@dipf.de

Internet: www.pedocs.de

Mitglied der:


Leibniz-Gemeinschaft



Gespräche zum
Sachunterricht

BAND 1

Marc Müller, Svantje Schumann (Hrsg.)

Technische Bildung

Stimmen aus Forschung, Lehre und Praxis

WAXMANN

Gespräche zum Sachunterricht

herausgegeben von
Marc Müller und Svantje Schumann

Band 1

Marc Müller, Svantje Schumann (Hrsg.)

Technische Bildung

Stimmen aus Forschung, Lehre und Praxis



Waxmann 2021
Münster · New York

Die Veröffentlichung dieses Titels wurde gefördert von
der Fachhochschule Nordwestschweiz und aus dem Open-Access-
Publikationsfonds der Humboldt-Universität zu Berlin.



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation
in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische
Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

Gespräche zum Sachunterricht, Band 1

ISSN 2702-0096

E-ISSN 2702-010X

ISBN Print 978-3-8309-4290-0

ISBN E-Book 978-3-8309-9290-5

<https://doi.org/10.31244/9783830992905>

Waxmann Verlag GmbH, 2021
Steinfurter Straße 555, 48159 Münster

www.waxmann.com
info@waxmann.com

Umschlaggestaltung: Anne Breitenbach, Münster
Satz: satz&sonders GmbH, Dülmen
Druck: CPI books, Leck
Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier gemäß ISO 9706



Printed in Germany

Dieses Werk ist unter der Lizenz CC BY-SA 4.0 veröffentlicht:
Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de>



Inhalt

Vorwort	7
<i>Ernest Hägni und Karin Güdel</i>	
I Fächerübergreifende Technische Allgemeinbildung in der Schweiz	13
<i>Christian Wiesmüller</i>	
II Wirklich(e) Technische Bildung im Allgemeinen	25
<i>Svantje Schumann</i>	
III Technische Bildung	41
<i>Anne-Françoise Gilbert</i>	
IV Zum Verhältnis von Gender und Technik Wege zu einer gendersensiblen Technischen Bildung	69
<i>Elisabeth Jahnke</i>	
V Fächerverbindende Themen in der Technischen Bildung Bestandsaufnahme und Impulse am Beispiel »Textilien«	89
<i>Gerwin Mader</i>	
VI Die Anwendung des Begriffs Technik bzw. Technische Bildung an Rudolf-Steiner-Schulen respektive Waldorfschulen	113
<i>Lorenz Möschler</i>	
VII Entwicklung von Making-Unterricht in der Volksschule	123
<i>Lea-Martina Burkart</i>	
VIII »Die Stimme von der Schulfront« Technische Bildung in der Praxis	133
<i>Dorothee Bauer, Karin Jarausch, Susanne Knoll und Andreas Mikutta</i>	
IX Forschen und Gestalten als Leitprinzip im Fach Werken Perspektiven für eine zeitgemäße und zukunftsorientierte Fachdidaktik	141

Annett Steinmann

- X Diversität in technischen Lernsettings des Primarbereichs
Herausfordernden Lernausgangslagen produktiv begegnen 161

Maximilian Seidler

- XI Lernausgangslagenorientierte Bildung durch körperbasierte
Zugangsweisen
Bausteine einer naturwissenschaftlich-technischen
Lernumgebung im Primarbereich 179

Marc Müller

- XII Phänomen und Praktik
Ein Blick vom phänomenbasierten NaWi-Unterricht zum
Technikunterricht 201

Vorwort

Die moderne Welt scheint zunehmend zu einer Black Box zu werden – »technische Geräte sind sehr miniaturisiert und komplex geworden, der Blick ins Innere eines Smartphones liefert kaum Möglichkeiten für die Erschließung des Geräts. Dies treibt Bildungsforschende sowie Bildungspraktikerinnen und -praktiker um. Verschwindet nach und nach das Verstehbare? Was macht das mit den Menschen? Welche Auswirkungen auf Bildungsprozesse und welche Konsequenzen für Bildungsangebote entstehen dadurch?«¹

In einer Zeit, in der Menschen weltweit große Hoffnungen auf technische Lösungen setzen – z. B. in Bezug auf den Klimawandel und im Bereich der Energie- oder Wasserversorgung –, steht auch die Frage nach dem technischen Know-how im Zentrum von Bildungsdebatten. Ein Effekt: Die Forderung nach Technischer Bildung wird verstärkt gestellt.

Mit der Tagung »Technische Bildung«, unterstützt von der ETH Zürich und ausgetragen als Workshop Congressi Stefano Franscini vom 31. Oktober bis 3. November 2019 auf dem Monte Verità in Ascona im Tessin, unternahm die Professur Didaktik des Sachunterrichts am Institut Primarstufe der Pädagogischen Hochschule FHNW den Versuch, den Dialog von Expertinnen und Experten aus Forschung und Praxis zu intensivieren. Die Tagung wurde zudem vom Leitungsteam des Projekts »Technische Bildung systematisieren, integrieren, optimieren« aus dem Programm »Nationales Netzwerk MINT-Bildung« inhaltlich, organisatorisch und finanziell unterstützt. Das Programm wurde im Rahmen des Finanzierungsinstruments des Bundes »Projektgebundenen Beiträge« (PGB) für die BFI-Periode 2017–2020 ausgearbeitet.

Der Workshop richtete sich an einschlägig Forschende und Lehrende an Universitäten und Pädagogischen Hochschulen sowie an Expertinnen und Experten, die als praktisch Tätige in außerschulischen Bildungsorganisationen und -institutionen arbeiten und denen Technische Bildung ein wichtiges Anliegen ist. Er leistete einen Beitrag zur Darlegung und Diskussion des Bil-

1 S. Schumann, in diesem Band, S. 41.

dungspotenzials Technischer Bildung. Insbesondere wurden mit ihm vier Ziele verfolgt:

- Den interdisziplinären und internationalen Austausch und das Netzwerk von Forschenden und in der Praxis Tätigen in diesem Feld zu stärken,
- aktuell existierende Designs und Methoden zur Erforschung der Bildungspotenziale Technischer Bildung zu identifizieren und zu diskutieren,
- wesentliche Forschungsdesiderata zu benennen und zukünftige Potentiale sowie zukünftige Herausforderungen für die Forschung abzuschätzen und
- Ableitungen für die Bildungslandschaft sowie Möglichkeiten der Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen zu diskutieren.

Der Workshop »Technische Bildung« reagiert damit auch auf die Situation, dass einer Fülle von Annahmen nur eine überschaubare Zahl empirisch erforschter Realitäten gegenübersteht. Auch im Bildungsbereich »Technische Bildung« liegt ein Mangel an Dokumentation und Analyse der real stattfindenden Bildungsprozesse vor; die Suche nach zentralen Wirkfaktoren in Bildungsprozessen steht erst am Anfang. Dies hängt auch damit zusammen, dass Bildungsprozesse komplexe Gebilde sind – was wiederum dazu führt, dass in Wissenschaft und Praxis gleichermaßen eher einfache »Rezepte« und »Antworten« befolgt werden als Untersuchungen hartnäckig und ergebnisoffen voranzutreiben.

Erkenntnisfortschritt ist nur dann zu erwarten, wenn wir uns nicht mit vorschnellen Antworten zufriedengeben und uns bewusst werden über die Fülle von bisher noch nicht in ausreichendem Maße beantworteten Fragen. Und von denen gibt es viele, bspw. die folgenden: Welche Auswirkung hat die in einer digitalen Gesellschaft größer werdende Gefahr des schnellen und oberflächlichen »Wegerklärens von Naturphänomenen« für *Bildungsprozesse*? Bedeutet vermehrte Displayzeit an schwer erschließbaren Geräten einen Rückgang *sinnlich wahrnehmbarer Phänomene*? Ist damit tatsächlich ein zunehmendes Verschwinden des *Verstehbaren* verbunden? Wie kann in einer Zeit, in der Wissen immer und überall schnell *digital* verfügbar ist, Wissenschaft den *sich bildenden Menschen* zugänglich gemacht werden? Wie sollte ein Unterricht aussehen, der darauf abzielt, die Lernenden in ihrer *Bildungsbewegung im Bereich der Technischen Bildung* zu treffen und der das *durchgreifende Verstehen* einer Sache ins Zentrum stellt?

Messbarer Lernerfolg ist nicht (das einzige) Kriterium gelingenden Unterrichts. Anstrengungen müssen verstärkt wieder in eine Richtung gehen, die

herausfinden will, wie zu Verständnis vorgedrungen werden kann. Im Zentrum muss die Frage stehen, wie man Sich-Bildenden Gelegenheiten gibt, das Wesentliche von Technik zu durchdringen und zu einem adäquaten Verständnis von ihr zu gelangen. Dazu muss auch herausgearbeitet werden, welche Anforderungen der jeweilige technische Gegenstand bzw. das jeweilige technische Phänomen selbst an den erteilten Unterricht stellt.

Hervorgegangen aus der Tagung »Technische Bildung« versammelt der vorliegende Band eine Vielzahl von Annäherungen, Positionierungen und Berichten zu den Fragen Technischer Bildung aus unterschiedlichen Bereichen von Praxis, Lehre und Forschung. Auf Gründe für die Anordnung der Beiträge sowie auf bestehende Querbezüge zwischen ihnen weist der folgende Überblick hin.

Im deutschsprachigen Raum wird Technische Bildung innerhalb der »MINT-Bildung« verortet. Zu Beginn des Bandes werden die damit verbundenen schul- und bildungspolitischen Besonderheiten anhand zweier landesspezifischer Beispiele in den Blick genommen. Für die Schweiz beschäftigen sich *Ernest Hägni* und *Karin Güdel* mit den Chancen »Fächerübergreifender Technischer Allgemeinbildung« im Kontext des Lehrplans 21 (Kap. I), für Deutschland stellt *Christian Wiesmüller* das Grundsatzpapier der Deutschen Gesellschaft für Technische Bildung DGTB vor und fragt nach »Wirklicher Technischer Bildung im Allgemeinen« (Kap. II). Eine stärker inhaltsbezogene Übersicht der Kategorien Technischer Bildung in Schule und Gesellschaft erarbeitet *Svantje Schumann* (Kap. III). Sie führt ihre fachdidaktischen Überlegungen exemplarisch an einem ausgewählten sachunterrichtlichen Bildungsanlass aus, schließt mit Überlegungen zum Sinn Technischer Bildung und benennt eine Vielzahl offener Forschungsfragen. Eine der vielen drängenden Fragen in sowohl fachdidaktischer als auch schulpraktischer Hinsicht betrifft das »Verhältnis von Gender und Technik« im MINT-Unterricht. *Anne-Françoise Gilbert* gibt dazu einen differenzierten Überblick über den aktuellen Forschungsstand und die dadurch deutlich werdenden Desiderata auf den »Wege[n] zu einer gendersensiblen Technischen Bildung« (Kap. IV).

Über welche Art von Vorschlägen und Erfahrungen in Sachen Technischer Bildung verfügen wir aus der Praxis? *Elisabeth Jahnke* nimmt sich »Fächerverbindende Themen in der Technischen Bildung« vor und beschreibt am Beispiel »Textilien« drei Varianten konkreter horizontaler, interdisziplinärer Vernetzung für die Unterrichtspraxis (Kap. V). Gleichzeitig skizziert sie damit einen paradigmatischen vertikalen Unterrichtsgang, der anhand des Textilen

durch alle technischen Kategorien bis hin zum Informatischen, mithin zum Digitalen, führt. *Gerwin Mader* gibt einen systematischen Einblick in die Behandlung technischer Begriffe und Themen »Technischer Bildung an Rudolf-Steiner-Schulen respektive Waldorfschulen« und ergänzt diese um zwei konkrete Praxisbeispiele aus seinem eigenen Epochenunterricht (Kap. VI). Für die Volksschule wirbt *Lorenz Möschler* für die »Entwicklung von Making-Unterricht« und stellt eine mehrjährig erprobte Weiterbildungsveranstaltung zur Entwicklung kokreativer Unterrichtsszenarien dar (Kap. VII). Ein weiteres Beispiel für »Technische Bildung in der Praxis« stellt *Lea-Martina Burkart* vor, indem sie für den technischen Anfangsunterricht ein kontextorientiertes Unterrichtsprojekt im Rahmen von Werkstattunterricht und forschendem Lernen entwickelt und seine Umsetzung beschreibt (Kap. VIII).

Eine unterrichtliche Besonderheit in Sachen Technischer Bildung stellt das Schulfach »Werken« dar. Welche fachdidaktischen Implikationen und Potenziale sich aus der systematischen Weiterentwicklung der historischen Werkpädagogik hin zu »Forschen und Gestalten als [dem] Leitprinzip im Fach Werken« ergeben, diskutieren *Dorothee Bauer*, *Karin Jarausch*, *Susanne Knoll* und *Andreas Mikutta* (Kap. IX). Dieser Beitrag zum »Technischen Gestalten« versammelt gleichzeitig eine Vielzahl konkreter Erfahrungen und Arbeitsergebnisse der Leipziger Grundschuldidaktik Werken und stellt damit die Grundlage für die Beschreibung zweier vertiefender Forschungsprojekte dar: *Annett Steinmann* beschäftigt sich mit »Diversität in technischen Lernsettings des Primarbereichs« mit dem Ziel, potenzielle Gelingensbedingungen inklusionsorientiert-technischer Lernumgebungen aufzuzeigen (Kap. X). *Maximilian Seidler* beschäftigt sich mit »Lernausgangslagenorientierte[r] Bildung durch körperbasierte Zugangsweisen«, um eine naturwissenschaftlich-technische Lernumgebung zu entwickeln, die einer gelingenden förderungsorientierten Partizipation aller Kinder im Primarbereich Rechnung trägt (Kap. XI).

Den Abschluss des Bandes bildet mit »Phänomen und Praktik« ein fachdidaktischer Blick von außen. *Marc Müller* fragt vor dem Hintergrund methodischer Ansprüche an einen phänomenbasierten NaWi-Unterricht, welche Elemente sich auf welche Weise auch in einem phänomenbasierten Technikunterricht finden würden oder sich gar direkt übertragen lassen (Kap. XII).

Danken möchten wir an dieser Stelle herzlich *Claudia Stübi* vom Zentrum Naturwissenschafts- und Technikdidaktik und *Natalie Brügger* von der Professur Didaktik des Sachunterrichts (beide PH FHNW). Beide – Claudia Stübi in ihrer Funktion als Leiterin des Projekts »Technische Bildung systematisieren,

integrieren, optimieren« und Natalie Brügger als Organisatorin der Ascona-Tagung »Technische Bildung« – haben wesentlich zum Voranbringen eines Dialogs über Technische Bildung im deutschsprachigen Raum, dessen Resultat auch der vorliegende Band ist, beigetragen.

Wir wünschen anregende Lektüre und hoffen auf weitere fruchtbare Diskussionen im Sinne einer gelingenden Technischen Bildung für alle!

Marc Müller und Svantje Schumann

Hinweise: Mit Rückgriff auf den Titel des Bandes sowie auf die Tagung, aus der er hervorgeht, haben wir uns im Vorwort für die konsequente Großschreibung des Ausdrucks ›Technische Bildung‹ entschieden. In den einzelnen Beiträgen des Bandes verfahren die Autor*innen dagegen freier, sodass dort bspw. zwischen »Technischer Bildung« als Konzept, Titel oder Schlagwort und »technischer Bildung« als einer Facette des im Grunde holistisch verstandenen Bildungsbegriffes unterschieden werden kann. Zum Teil spielen für die jeweiligen Entscheidungen auch ästhetische Gründe eine Rolle. Außerdem waren die Autor*innen frei in ihrer Entscheidung bezüglich der Gender-Schreibweise sowie der Wahl zwischen schweizerdeutscher oder deutscher Schreibweise.

Kapitel I

Fächerübergreifende Technische Allgemeinbildung in der Schweiz

Ernest Hägni und Karin Güdel

Abstract

In der Schweiz tragen verschiedene Schulfächer zur Technischen Allgemeinbildung oder zum T von MINT bei. Sie tun dies aus unterschiedlichen Perspektiven und mit verschiedenen Zugängen und Zielsetzungen. Verbindungen zwischen den Fachbereichen können über Querbezüge im Lehrplan 21, über Denk- und Handlungsweisen (z. B. das Problemlösen) oder über Themen- und Handlungsfelder geschaffen werden. Im fächerübergreifenden Projekt »Tebisio« wurde in der Lehrpersonenausbildung auf Sekundarstufe I zu den Themen »Bionik«, »Hightech-Textilien« und »Beton« gearbeitet. Erste Erfahrungen zeigen, dass die fächerübergreifende Zusammenarbeit zwischen TTG- und NT-Dozierenden (also Dozierenden für die Fächer »Technisches und Textiles Gestalten« sowie »Natur und Technik«) und Studierenden viele Chancen bietet: So können Wissen und Können aus den Fachbereichen verknüpft, Synergien genutzt und vielfältige Zugänge (explorativ, intuitiv, analytisch, kreativ etc.) gefördert werden. Gleichzeitig prallen Fachkulturen und -sprachen aufeinander, was zu Missverständnissen und zum Teil auch Unverständnis unter Dozierenden und Studierenden führen kann und in vielerlei Hinsicht Kompromisse und ausführliche Absprachen erfordert. Die wichtigste Voraussetzung für eine gelingende Zusammenarbeit ist Toleranz und Neugier dem jeweils anderen Fachbereich gegenüber.

1 Das T als Bindeglied im Fächerverbund¹

1.1 Das T von MINT

Das Akronym MINT steht für »Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik«, es wird abhängig vom Kontext, als Abkürzung für Schulfächer,

1 Dieser Beitrag ist im 1. Heft 2020 der Werkspuren bereits veröffentlicht worden: <https://www.werken.ch/werkspuren/>.

berufliche Ausbildungen und Studienrichtungen sowie für einen Wirtschaftssektor verwendet. Eine Zielrichtung der MINT-Förderung ist es, genügend und gut ausgebildete Fachkräfte für den wirtschaftlich zentralen MINT-Sektor heranzubilden. An der Volksschule setzt die MINT-Förderung in erster Linie in den naturwissenschaftlichen Fächern und in den letzten Jahren vermehrt auch in der Informatik an. Mit dem vorgenommenen Wechsel von Werken und Textilem Werken zur Fachbezeichnung Technisches und Textiles Gestalten (TTG) wurde sowohl dem Wandel des Faches als auch den Ansprüchen von aussen Rechnung getragen. Obschon der Begriff TTG das Fachverständnis prägnanter abbildet, wird das Fach von vielen nicht als MINT-Fach wahrgenommen, sondern als Gestaltungs- und überspitzt gar als Bastelfach interpretiert. Im Rahmen der MINT-Förderung bietet sich die Chance, ein Umdenken in der breiten Wahrnehmung auszulösen. Insbesondere hinsichtlich der Förderung von kreativen, handlungs- und problemlöseorientierten Kompetenzen bietet das TTG viel Potenzial, das von der Technikförderung noch entdeckt werden kann.

Die Fachbereiche Mathematik und Naturwissenschaften – Natur, Mensch, Gesellschaft (NMG) im 1. und 2. Zyklus, Natur und Technik (NT) im 3. Zyklus – sind mit eigenen Fächern an der Volksschule und als Grundlagenfächer an den Universitäten in der Bildungslandschaft klar verortet. Ihre Zuständigkeiten und ihr Stellenwert werden nicht hinterfragt.

Informatik ist ein Berufsfeld, das durch die Digitalisierung unserer Gesellschaft immer grösser und diverser wird und in dem ein besonders grosser Fachkräftemangel beklagt wird. Dementsprechend muss das Fach an Gymnasien per Gesetz bis spätestens Schuljahr 2022/2023 eingeführt werden. An der Volksschule sollte das Modul »Medien und Informatik« gemäss Lehrplan 21 als überfachliches Modul in allen Fächern vermittelt werden; wie viel informatische Bildung wirklich in den Volksschulen umgesetzt wird, ist derzeit noch unklar.

Im Vergleich dazu hat das T von MINT eine andere Ausgangslage: es gibt zahlreiche Studienrichtungen und Berufsausbildungen, die dem T zugeordnet werden können, so zum Beispiel handwerklich-technische Berufe und Ingenieurwissenschaften. Der Fachkräftemangel ist in gewissen Berufen und Studienrichtungen der Technik ähnlich hoch wie in der Informatik, die grundsätzlich auch zum T gezählt werden kann.

1.2 Was zeichnet das T aus?

Dort, wo neue, innovative Prozesse, Verfahren, Produkte und Systeme entwickelt und produziert werden, sind Spezialistinnen und Spezialisten aus verschiedenen Disziplinen am Werk. Je nach Branche sind sie stärker von MIN oder stärker vom Handwerk oder vom Design geprägt. In jedem Fall werden sie von gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Bedürfnissen und Anreizen angetrieben. Und genau das sollte das T für die MINT-Förderung interessant machen. Das T bringt neue, innovative »Dinge« hervor, an denen viele Menschen aus verschiedenen Disziplinen von der ersten Idee bis zum kauffertigen Produkt mitgewirkt haben und mit denen innovativer und ökonomischer Wert geschöpft werden kann.

1.3 Das T an der Volksschule

Auch an der Volksschule wird das T von verschiedenen Disziplinen oder Fächern gestreift. Weil es kein eigenes Fach »Technik« gibt, kann der Interdisziplinarität von Technik nur bedingt Rechnung getragen werden. Um das T aus unterschiedlichen Perspektiven zu beleuchten, braucht es Absprachen und Kooperationen zwischen verschiedenen Fächern. Die Absprachen und Zuständigkeiten können auf verschiedenen Ebenen angegangen werden:

- Kompetenzen und Querbezüge im Lehrplan 21,
- Denk- und Handlungsweisen (z. B. das Problemlösen; siehe Kap. 2),
- Handlungsfelder einer Technischen Bildung, welche aus verschiedenen Perspektiven beleuchtet werden können (siehe Tab. 1).

Ein Vergleich der LP-21-Kompetenzen mit den Kompetenzbereichen einer Technischen Bildung, wie sie in den USA (ITEA, 2007) oder in Deutschland (VDI, 2007) vorgeschlagen werden, zeigt unter anderem:

- In 5 Fachbereichen des LP 21 der Sekundarstufe I werden Technikkompetenzen explizit genannt: Technisches und Textiles Gestalten (TTG); Natur und Technik (NT); Wirtschaft, Arbeit, Haushalt (WAH); Räume, Zeiten, Gesellschaften (RZG); Informatik und Medien (IM).
- Der Fachbereich TTG deckt alle Kompetenzbereiche einer Technischen Bildung ab, hat den Schwerpunkt in »Technik konstruieren und herstellen« (VDI, 2007) und deckt gewisse Handlungsfelder nicht ab (siehe Tab. 1).
- Der Fachbereich NT hat einen Schwerpunkt im »Technik verstehen« (VDI, 2007).

Tab. 1: Handlungsfelder einer technischen Allgemeinbildung werden in den fünf Fachbereichen des LP21 aus unterschiedlichen Perspektiven (farbige Punkte) betrachtet und vermittelt.

HANDLUNGSFELDER TECHNISCHE ALLGEMEINBILDUNG (VDI.DE, ITEEA.ORG)	TTG	NMG – NT	NMG – WAH	NMG – RZG	IM
Arbeit und Produktion	●	●	●		●
Haushalt und Freizeit	●	●	● ●		●
Bauen und Wohnen	●	●		● ●	●
Transport und Verkehr	●	●		● ●	●
Versorgung und Entsorgung	●	● ●	● ●	●	●
Energietechnik	●	● ●		●	●
Biotechnologie, Medizinaltechnik		● ●			●
Sicherheit	●	●			●
Information und Kommunikation	●	●	●	●	●

● handwerklich-technisch
 ● naturwissenschaftlich
 ● Ingenieurwissenschaftlich
 ● historisch, sozial, wirtschaftlich
 ● IKT

- Das überfachliche Modul »Medien & Informatik« deckt alle Kompetenzbereiche einer Technischen Bildung ab, »Technik konstruieren« geschieht jedoch ausschliesslich digital.
- Die interdisziplinär angelegten Fachbereiche WAH und RZG beschäftigen sich stärker mit den sozialen, wirtschaftlichen und ökologischen Auswirkungen der Technik.

2 Problemlösen als verbindendes Element

Sowohl im Fachbereich NT wie auch im Fachbereich TTG werden praktische und theoretische Probleme gelöst. Je nach Ausrichtung werden Probleme aktiv gelöst (konstruiert), nachvollzogen (rekonstruiert) oder in Frage gestellt (reflektiert). Das didaktische Modell eines »Natur und Technik«-Unterrichts von Graube und Mammes (2013) zeigt die verschiedenen Zugänge, die auf unterschiedlichem Weg zur Reflexion der Problemlösung führen. Gemäss Graube und Mammes (2013: 18) ergeben sich daraus drei Denk- und Handlungsweisen für den naturwissenschaftlich-technischen Unterricht, wobei die zwei Fachbereiche NT und TTG meist nicht alles gleichwertig abdecken, sondern Schwerpunkte vertreten:

Erfinden/Konstruieren: Ausgehend von einer Problemstellung wird eine eigene Problemlösung entwickelt, die für die Lernenden neu ist. Das Ergebnis ist offen. Z. B. Bau eines Boots mit gegebenen Anforderungen ohne Bauplan oder Anleitung; eigenständige Planung, Durchführung und Auswertung eines Experiments.

Entdecken/Rekonstruieren: Eine Problemlösung nachvollziehen, d. h. die Methode geht von fremden Konstruktionen aus, die im Verlauf der Auseinandersetzung zu eigenen Konstruktionen führen. Das Ergebnis ist zum grossen Teil vorbestimmt und erwartbar.

Zum Beispiel der Bau eines Boots nach Bauplan oder Anleitung; Experimentieren nach Anleitung.

Reflektieren und Bewerten: Dies kann sich sowohl auf die eigene Problemlösung als auch auf die nachvollzogene Problemlösung beziehen und stellt diese infrage; dadurch kann Erfinden und Entdecken wieder neu initiiert werden.

In einem fächerübergreifenden MINT-Unterricht können diese Denk- und Handlungsweisen gewinnbringend zusammengeführt werden. Dies soll an dem im nächsten Kapitel dargestellten Projekt TeBiSIO exemplarisch verdeutlicht werden.

3 MINTegration in die Ausbildung von Lehrpersonen

Im Rahmen der projektgebundenen Beiträge (PgB, 2017–2020) setzen verschiedene Fachhochschulen und Pädagogische Hochschulen der Schweiz hochschultypenübergreifende MINT-Projekte für die Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen um. Damit sollen über die Lehrpersonen das Interesse und die Freude von Kindern und Jugendlichen – insbesondere von Mädchen und jungen Frauen – an MINT-Themen mittelfristig gesteigert werden. Eine mögliche Form für das Zusammenspiel der Fachbereiche NT und TTG auf Sekundarstufe I wurde an der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) in drei Unterrichtseinheiten innerhalb eines PgB-MINT-Projektes entwickelt und mit angehenden Lehrpersonen erprobt. Die Entwicklung fand in disziplinengemischten Teams statt: Teams aus Dozierenden der Naturwissenschaften und des Technischen Gestaltens von Pädagogischen Hochschulen und Experten aus Hochschulen mit technischem Schwerpunkt wurden gebildet.

Bei der Themenwahl mussten nicht nur alle beteiligten Fachrichtungen möglichst gleichwertig integriert werden; die Themen sollten zudem einen nahen Bezug zur Lebenswelt aufweisen. Die Auswahl fiel auf drei Betrachtungsfelder, welche uns teilweise näher nicht sein könnten: Hightech-Textil, Bionik anhand der Ameise und das Material Beton. Es galt, durch eine vertiefte Betrachtung des Alltäglichen, das Spezielle und somit Interessante herauszuschälen und für die Studierenden der verschiedenen Fachbereiche gleichsam zugänglich zu machen. Gleichzeitig wurde exemplarisch aufgezeigt, dass mögliche fächerübergreifende Betrachtungsfelder sozusagen überall vor der Tür liegen.

3.1 Das T an der Volksschule: TTG, Verfahrenstechnik und Physik: Hightech-Textilien

Bei der Wahl dieses Betrachtungsfeldes war die Zusammenarbeit mit einem Experten aus dem Bereich der Verfahrenstechnik massgebend. Die Abteilung Verfahrenstechnik der Hochschule für Life Sciences der FHNW setzt sich vorwiegend mit Filtrationsprozessen im Bereich der Lebensmittelherstellung auseinander.

Die Grundlage der Filtration basiert auf der Durchlässigkeit von Materialien und Membranen, um gezielt Stoffe abscheiden zu können. Dieses Prinzip



Abb. 1: Tests mit Hightech-Textilien (© Ernest Hägni).

wurde in dieser Gruppe um Dozierende der Physik, TTG und des Experten aus der Verfahrenstechnik auf die Bekleidung aus Hightech-Textilien übertragen. Die sogenannten Hightech-Textilien wie Windstopper, Gore-tex etc. haben den Markt im Nu erobert. Was bedeuten die Angaben, mit denen beim Verkauf der Hightech-Textilien geworben wird und wie können diese nachvollzogen werden?

Über Beobachtungen und Messungen an verschiedenen Textilien zu Wärmerückhaltung, Wasser- oder Dampfaustausch und Dichtheit wird mittels Berechnungen, praktischer Experimente und einer textilen Umsetzung auf Tuchföhlung gegangen.

3.2 TTG, Biologie & Informatik: Bionik

Der Begriff Bionik trögt die Verbindung von Biologie und Technik in sich. Bekannte Beispiele greifen oft auf Grundlagenforschung an sehr spezifischen Organismen zurück, was das Feld wenig greifbar macht oder gar in exotische Ferne rückt.

In der Unterrichtseinheit soll der Rückgriff auf eine Lebensform helfen, die eine der grössten Biomassen der Welt stellt und deren Überlebensstrategien vielfältig und erfolgreich sind: Ameisen. Beobachtungen zum Aufbau und Verhalten der Insekten leiten die Suche nach möglichen bionischen Anwen-

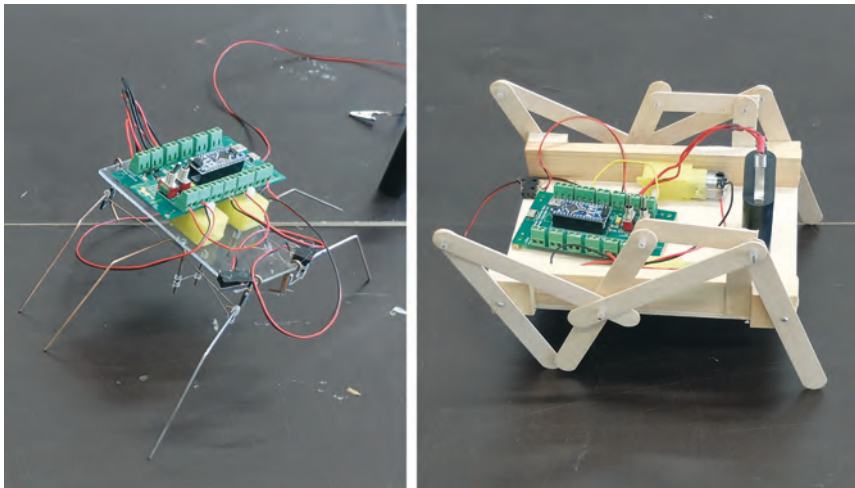


Abb. 2: Ameisenroboter (© Ernest Hägni).

dungsfeldern ein. Das Bauen mit dem eigenen Körper, wie es verschiedene nomadische Ameisenarten halten, oder Ameisenhügel und andere Behausungsformen bieten Anschauungsmaterial für die Beobachtung von physikalischen Grundlagen, wie z. B. Wärmehaushalt oder Bernoulli-Effekt, der bei der Entlüftung der Millionenstädte unentbehrlich ist. Ameisen zeigen stereotypisierte Verhaltensmuster, die sich für die Übertragung in Algorithmen eignen und z. B. in Systemen für Verkehrslenkung Anwendung finden.

Ein arduinobasierter Laufroboter wird so zum Experimentierfeld für die Programmierung einfacher Muster, die aus dem Verhalten von Ameisen abgeleitet werden.

3.3 TTG, Chemie & Baulabor: Beton

Beim Betrachtungsfeld Beton wurde die Zusammenarbeit mit einem Experten aus dem Baulabor gezielt gesucht. Die Abteilung Baulabor der Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik der FHNW erprobt und untersucht exemplarische Baumaterialien auf ihre Eigenschaften und Eignung für spezifische Anwendungen. Die Materialien oder deren Stoffzusammensetzung und Verstärkung durch Armierung werden mithilfe von verschiedenen Prüfmethoden auf ihre Tauglichkeit als Baumaterial untersucht.

Denkt man an die heutigen Dimensionen von Bauwerken wird schnell klar, dass Baumaterialien strengen Normen unterliegen müssen, um die Sicherheit beim Bau und in der folgenden Nutzung zu garantieren. Wie kommen diese Normen zustande und wie werden sie getestet?



Abb. 3: Arbeiten mit Beton (© Ernest Hägni).

Das Team mit Dozierenden der Chemie und des TTG zeigt bei seiner Lehr- und Lerneinheit die Charakteristiken eines Materials auf, welches uns tagtäglich umgibt, trägt und schützt. Hierbei wird der Herstellungs- und Abbindeprozess und die dahinterstehende Chemie betrachtet, die es uns ermöglicht, »Stein zu giessen«. Giessen gilt dann auch als Stichwort für das TTG: welche Gestaltungsmöglichkeiten ergeben sich und wie lassen sich statische Eigenschaften anwenden, mittels Armierung verbessern und testen? Der Baustoff wird in der nahen Umgebung erkundet und in gestalterischen und technischen Experimenten praktisch erlebt.

4 Chancen und Risiken

Durch die Separation der verschiedenen Fächer wird es den Lernenden erschwert, das Gelernte zu vernetzen und mit ihrer Lebenswelt sinnhaft zu verknüpfen. Der angedachte fächerübergreifende Unterricht soll dabei aber nicht zur Regel werden, sondern exemplarische Momente eröffnen, in denen Themen aus mehreren Perspektiven betrachtet werden und eine Vernetzung des Wissens im Fokus steht. Zentral sehen wir hierbei die Vielfalt der Denk- und Handlungsweisen, welche über das explorative und intuitive Erleben des TTG und das analysierende Vorgehen der Naturwissenschaften verschiedene Kompetenzen fördert und Schülerinnen und Schüler unterschiedlich fordert und somit verschiedene Lernerlebnisse ermöglicht.

Die Weiterentwicklung etwaiger Produkte unter Einbezug naturwissenschaftlicher kausaler Beobachtungsschlüsse und problemlöseorientierter technischer und gestalterischer Experimente des TTG zeigt den Lernenden einen Weg auf, ihr Wissen zielführend zu verbinden und somit selbstwirksam einzusetzen.

Die Herausforderungen für die Zusammenarbeit mehrerer Disziplinen zeigen sich auf verschiedenen Ebenen. So können Unterschiede in der Fachkultur und -sprache schnell zu Missverständnissen führen oder die verschiedenen Zugänge zu Wissen für das Gegenüber fremd erscheinen. Es braucht somit bei den Lehrpersonen Toleranz und Neugier dem anderen Fach gegenüber, um sich der Zusammenarbeit gewinnbringend anzunähern. Der rege Austausch, aber auch Reibungen über die verschiedenen Konzepte, die während der Entwicklung und Durchführung eines gemeinsamen Unterrichts vonstattengehen, sind für beide Seiten in vielerlei Hinsicht anregend. Sie bieten die Chance,

sowohl das eigene Fachverständnis für sich noch einmal genau abzustecken als auch über den »Tellerrand« zu schauen, um es zu erweitern.

Die Stundentafel und die nicht vorhandenen Zeitgefässe für die Zusammenarbeit sind Herausforderungen, die momentan nur durch persönliches Engagement kompensiert werden können. Wir ermutigen Lehrpersonen, die sich in der fächerübergreifenden Technischen Bildung engagieren wollen, deshalb sehr, Mittel der MINT-Förderung zu beantragen. Der Wert des tiefergehenden Wissens und der profunden Erfahrung der Fachlehrpersonen kommt in fächerübergreifenden Projekten erst richtig zum Tragen. Dies nicht in Hinsicht einer Vertiefung des vermittelten Fachwissens im Projekt, sondern hinsichtlich fachlicher Einbettung und dem Aufzeigen von Vernetzungspunkten. Es ist deshalb zentral, dass die Fachlehrpersonen nicht allein den Lernzuwachs im Fachbereich in den Vordergrund stellen, sondern dass sie hier sogar ein wenig zurücktreten und die Vernetzung und das Wecken der Neugier für das Entwickeln und Forschen im und am Thema in den Fokus rücken.

In diesem Sinne sehen wir eine grosse Chance darin, die Fächer zu verbinden. Dies aber nicht im Sinne einer Verschmelzung mit unklaren Trennlinien, sondern durch das gezielte Bauen von Brücken, die Vernetzung und Aneignung von Wissen mittels verschiedener Sichtweisen ermöglichen.

Literatur

- D-EDK – Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz (2016): Lehrplan 21. Online unter www.lehrplan21.ch (03.04.2020).
- Graube, G. & Mammes, I. (2013): Didaktische Konzeption eines interdisziplinären Ansatzes »Natur und Technik« für die Gymnasialklassen fünf und sechs. Online unter www.digibib.tu-bs.de/?docid=00054672 (03.04.2020).
- International Technology Education Association [ITEA]. (2007): Standards for technological literacy: Content for the study of technology. Reston: ITEA. Online unter <https://www.iteea.org/File.aspx?id=67767&v=b26b7852> (03.04.2020).
- VDI – Verein Deutscher Ingenieure (2007): Bildungsstandards Technik für den Mittleren Schulabschluss. Düsseldorf: VDI.

Autor und Autorin

Ernest Hägni

Dozent und Lehrperson im Technischen und Textilen Gestalten der Sekundarstufe I

Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Technische Bildung, Lehrmittelautor
TTG, Redaktion Werkspuren

ernest.haegni@gmx.ch

Karin Güdel, Dr.

Dozentin und wissenschaftliche Mitarbeiterin in Naturwissenschaft und Technik am Institut Sekundarstufe I & II der FHNW

Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Fächerübergreifende Technische Bildung, Systemdenken, Bildung für Nachhaltige Entwicklung

Hofackerstrasse 30, 4132 Muttenz

karin.guedel@fhnw.ch

Kapitel II

Wirklich(e) Technische Bildung im Allgemeinen

Christian Wiesmüller

Prolog

Der Beitrag ist die schriftliche Fassung eines Vortrags anlässlich eines Themenworkshops im Spätherbst 2019 auf dem Monte Verità, der sich grundlegend mit der ›Technischen Bildung‹ und der Situation in der Schweiz beschäftigen sollte. Die dort gehaltene Keynote hatte folgende Besonderheiten: Erstens wollte man sich mutmaßlich eine – wenn man so will – ›transalpine‹ Sichtweise in das Programm holen. Die Technikdidaktiker der Schweiz und Deutschlands unterhalten auf Hochschul- und Dozentenebene rege Kontakte. Zweitens – das wahrscheinlich in der Hauptsache – hatte man Interesse an wesentlichen Standpunkten der Deutschen Gesellschaft für Technische Bildung (DGTB), die diese in einem Grundsatzpapier Nr.1 zur Allgemeinen Technischen Bildung zusammengefasst und offiziell gemacht hat. Der Verfasser dieses Beitrags fungiert als Erster Vorsitzender der DGTB und war am Entstehungsprozess beteiligt. Drittens kam aber noch hinzu, dass der Verfasser, der in der Tradition der Hamburgisch-Karlsruher Linie der Technikdidaktik steht, anknüpfend an die Überlegungen des Grundsatzpapiers eine vertiefende Überlegung beizutragen beabsichtigte.

Der ursprünglich aus drei Teilen bestehende Vortrag wird umgruppiert und für die Veröffentlichung hier in zwei Teilstücken, Kapitel 1 und Kapitel 2 referiert. Das erste Kapitel gibt wortgleich das Grundsatzpapier Nr.1 der DGTB wieder. Das erscheint sinnvoll, da der Text, der unter der Leitung des bei der DGTB für Grundsatzfragen verantwortlichen Freiburger Professors Dr. Wilfried Schlagenhaut entstanden ist, eine Verdichtung des Wesentlichen darstellt. Eine Paraphrase wäre eine kontraproduktive Bemühung und würde der Präzision abschlägig sein. Mit Schlagenhaut ist der wörtliche Abdruck im vorliegenden Band abgesprochen. Das zweite Kapitel ist dem spezifischen Anliegen des Autors hier gewidmet, das er für bildungsrelevant und didaktisch für bedeutsam hält. Auch ist dieses Kapitel mit einem bildungspolitischen Appell verbunden. Dieser zweite Teil ist mit Änderungen in einem anderen Kontext

erschienen – im Tagungsband der Flensburger Jahrestagung der DGTB 2019 (Wiesmüller, 2020).

1 Das Grundsatzpapier Nr. 1 der DGTB – Anliegen und Grundzüge Allgemeiner Technischer Bildung

Das Grundsatzpapier wurde von den Kommissionsleitenden Wilfried Schlagenhaut (Leiter des Referats Grundsatzfragen des DGTB) und Christian Wiesmüller (in der Funktion als 1. Vorsitzender der DGTB) zusammengefasst; die Initiative für das Projekt ging von Thomas Möllers, Studiendirektor und Fachleiter für das Fach Technik am Zentrum für schulpraktische Lehrerausbildung Gymnasium Gesamtschule, aus. Herausgeber ist die Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung e. V. in Berlin. Erscheinungsdatum war das Jahr 2018. Im Folgenden wird das Grundsatzpapier wortgleich wiedergegeben.

Anliegen und Grundzüge Allgemeiner Technischer Bildung

Die Arbeitsgruppe ›Ellwangen‹ hat es sich zum Ziel gesetzt, die mit der Gründung der Deutschen Gesellschaft für Technische Bildung vor nunmehr 21 Jahren gesetzten Positionsbestimmungen vor dem Hintergrund der aktuellen gesellschaftlichen und insbesondere bildungspolitischen Situation zu reflektieren, zu aktualisieren, sich ihrer zu vergewissern.

Das zentrale Anliegen der DGTB liegt in der allseitigen Förderung Allgemeiner Technischer Bildung. Für eine weitere Annäherung, Präzisierung und Konkretisierung sind die damit gesetzten Kernbegriffe der *Bildung* und der *Technik* genauer zu bestimmen.

Grundsätzlich favorisiert die Arbeitsgruppe eine Idee Allgemeiner Bildung und eines Lernens, die beiden Polen gleichermaßen Bedeutung beimisst: Der sorgsamsten Lenkung, Anleitung und Führung der Lernenden einerseits und der Selbsttätigkeit und zunehmenden Selbststeuerung des Aneignungsprozesses andererseits.

Diese Bildungsidee bezieht sich unter der Perspektive der Kompetenzentwicklung auf die Förderung des gesamten Spektrums menschlicher Fähigkeiten und inhaltlich auf diejenigen Bereiche, die als allgemeine die

Menschen in unserer Kultur und Gesellschaft gemeinsam angehen. Damit ist explizit ein gesellschaftspolitischer Auftrag verbunden: In einer technikgeprägten Gesellschaft ist basales Technikverständnis notwendige Voraussetzung für gesellschaftliche Mitentscheidung und Mitwirkung.

1. Technikbegriff für eine Allgemeine Technische Bildung

Für Zwecke der Technikbildung ist ein unverengter, aber doch inhaltlich eindeutig zugeordneter Technikbegriff notwendig. Wir verstehen unter Technik nicht nur technische *Gegenstände und Verfahren* (*Sachtechnik*), sondern ebenso technikspezifische Denk- und Handlungsformen von Individuen, Organisationen oder Gesellschaften, die technische Produkte herstellen oder nutzen (*Soziotechnik*). Die Beschränkung auf Sachtechnik allein hätte zwar den Vorteil einer klareren Abgrenzbarkeit gegenüber den sozial- und humanwissenschaftlichen Bereichen, führte aber zu einer eingeschränkten Sicht: Nicht nur der Prozess des *Zustandekommens* der Artefakte bliebe ausgeblendet, sondern auch deren *Nutzung*, und damit genau diejenige Phase im Lebenszyklus technischer Produkte, in der sich ihr Sinn eigentlich erst erfüllt.

1.1 Technik als Urhumanum

Wir verstehen Technik als fundamentalen Teil menschlicher Kultur. Wie Sprache ist auch Technik als ein kennzeichnendes Gattungsmerkmal des homo sapiens anzusehen.

Dies bedeutet auch: Der Mensch macht die Technik – aber die Technik macht auch den Menschen. Sie prägt ihn und er prägt sie in allen Situationsfeldern, nicht nur in beruflichen, sondern ebenso in privaten und öffentlichen.

1.2 Gesellschaftlich-kultureller Charakter der Technik

Technik kann angemessen nur verstanden werden, wenn die zugrundeliegenden Interessen, Wünsche und Ziele der beteiligten Personen, Institutionen und Unternehmen mit bedacht werden. Beispiel: Die Analyse von Betriebsanleitungen macht nicht nur Aspekte der technografischen oder verbalen Kommunikation über Technik inhaltlich und formal deutlich, sondern zeigt, wie unterschiedliche Akteure mit dem technischen Produkt, aber auch miteinander verbunden sind. In diesem Fall sind ins-

besondere Nutzer, Hersteller, Verkäufer, Händler und Gesetzgeber involviert.

Die Entscheidungen und Bewertungen, die der einzelne technische Akteur vornimmt, finden im kulturellen Umfeld statt. Über das technische Produkt, aber auch über die darin materialisierten Normen, Regeln, Wahrnehmungs- und Handlungsmuster, Routinen und Rituale treten die Akteure technischen Handelns miteinander in Beziehung.

Diese Beziehungen sind insofern strukturell zielkonflikthaltig, als die Akteure je spezifische und häufig konfligierende Interessen vertreten.

Der gesellschaftliche Kontext leitet nicht nur den Technikumgang an, sondern prägt auch Lebensstile und Weltbilder. Es handelt sich dabei um einen Wechselwirkungsprozess: Gesellschaftliche Regulative geben dem technischen Handeln einen Werte- und Sinnrahmen, werden aber ihrerseits auch durch die Techniknutzung verändert.

1.3 Technisches Handeln

Technik weist eine Finalstruktur auf. Jedes technische Handeln zielt auf die Realisierung einer wünschenswerten Situation ab. Technische Mittel werden zur Überwindung der dabei auftretenden Widerstände eingesetzt, also zur Lösung des Problems. Diesen Hintergrund mitzudenken, stellt eine wesentliche Voraussetzung für einen unverkürzten, bildungsgerechten Technikbegriff dar: Erst in der Wahrnehmung technischer Produkte als Ergebnisse problemlösenden Denkens und Handelns werden auch die zugrundeliegenden Werte, Motive und Präferenzen sichtbar.

1.4 Akteure technischen Handelns

Die Zielsetzungen technischen Handelns sind vielfältig und unterscheiden sich nach der Interessenlage der jeweiligen Akteure. Hersteller und Dienstleister zielen u. a. auf Marktpräsenz und Gewinn ab (Produkte als Ware), Nutzer auf Zweckerfüllung (Produkte für den Gebrauch), auf die Darstellung ihres sozialen Status (Produkte als Symbole), auf eine Steigerung der Lebensqualität (Zeit für Muße und Ästhetik) oder auf Luxus. Wo immer solche Prozesse ablaufen, können auch nicht direkt beteiligte Menschen von den Folgen betroffen sein.

1.5 Bewerten und Entscheiden – Aufgabe für den Einzelnen

Selbst innerhalb der Interessen **eines** Akteurs entstehen Zielkonflikte. Wenn es zum Beispiel um den Kauf eines Fahrradreifens geht, wünscht man sich geringes Gewicht, geringen Rollwiderstand, hohe Pannensicherheit und einen geringen Preis. Die Erfüllung des einen Ziels ist nur auf Kosten eines oder mehrerer anderer erreichbar.

Die Handlungsalternativen, die sich in jeder Situation eröffnen, zwingen zu Entscheidungen. Welche Auswahlkriterien vorrangig sind, ergibt sich auf der Grundlage individueller, aber in kulturellen Deutungsmustern und gesellschaftlichen Konventionen verankerten Wertesystemen. Eine technische Lösung wird aufgrund ihrer finalen Ausrichtung und der vielfachen Umsetzungsmöglichkeiten nicht nach dem Kriterium ›richtig‹ und ›falsch‹ bewertet, sondern nach ihrer Zweckmäßigkeit in Bezug auf die verfolgten Ziele. Unterschiedliche Akteure können daher eine bestimmte Lösungsvariante diametral entgegengesetzt bewerten.

Die Sichtweise, die Entscheiden und Bewerten als konstitutive Elemente technikspezifischen Handelns versteht, widerspricht damit fundamental der bisweilen immer noch vertretenen These von der Wertfreiheit der Technik. Tatsächlich weisen alle technikbezogenen Handlungen eine ethische Relevanz auf.

Diese ethische Dimension mitzudenken, stellt eine wesentliche Voraussetzung für einen unverkürzten, bildungsgeeigneten Technikbegriff dar.

1.6 Verhältnis von Technik und Wissenschaft

Der Zusammenhang von Technik und Wissenschaft wird nicht selten als Anwendungsverhältnis aufgefasst: Die technikwissenschaftliche oder naturwissenschaftliche Erkenntnis werde in der Technik praktisch angewendet.

Jedoch werden solche Deutungsmuster den tatsächlichen Verhältnissen nicht gerecht.

Grundsätzlich gilt, dass erfolgreiches technisches Handeln domänen-spezifisches Faktenwissen und Strukturverständnis voraussetzt. Man muss also die für das technische Problem relevanten funktionalen und konstruktiven Gegebenheiten und Wirkzusammenhänge kennen. Ebenso wichtig aber ist es, die gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen der betreffenden Technik angemessen einschätzen zu können. Vermehrt erlangt die ökologische Sicht einen hohen Rang.

Wissen ist also notwendig, es muss allerdings keineswegs vom Typus des wissenschaftlichen Gesetzeswissens sein. Wer eine technische Problemlösung anstrebt, setzt alle geeignet erscheinenden und verfügbaren Kenntnisse ein, egal, ob es sich um Fachtraditionen, eigene Erfahrungen, um Geschick und Können (implizites Wissen) oder um wissenschaftliche Erkenntnisse handelt.

Auch diejenigen Menschen, die beruflich nicht oder nicht überwiegend mit Technik befasst sind, nutzen Technik im Alltag zur Existenzsicherung und zur Befriedigung ihrer Bedürfnisse. Insofern betrifft die Verwendung von Technik alle Gesellschaftsmitglieder. Sie ist daher auch für eine allgemeine Bildung von besonderer Bedeutung. Haushalts-, Verkehrs-, Unterhaltungs-, Sport- und Freizeittechnik meistern wir vorwiegend auf der Grundlage von technischem Können und Funktionswissen, also von Wissen über das Verhalten des technischen Gegenstandes.

Diese Feststellungen sind von erheblicher Bedeutung für die folgenden technikdidaktischen Überlegungen, die der oben genannten Bildungsidee verpflichtet sind.

2. Technische Bildung als Einführung in den technischen Kulturbereich

Von der Schule wird erwartet, dass sie dazu befähigt, die Herausforderungen eines in vielfacher Hinsicht von Technik geprägten Lebens zu bewältigen.

Die Schülerinnen und Schüler sollen in die Lage versetzt werden, sich zunehmend selbstständig diejenigen geistigen Kategorien und Dispositionen aufzubauen, mit deren Hilfe sie die Lebenswelt verstehen, meistern und kritisch beurteilen können.

Dabei zielt der allgemeinbildende Zugang zum Bildungsgegenstand grundsätzlich auf ein *Allgemeines* ab, auf zentral bedeutsame Regeln, Grundbegriffe, Gesetzmäßigkeiten, Prinzipien, die den Gegenstand charakterisieren. Unterricht nähert sich diesem Allgemeinen typischerweise induktiv, das heißt anhand von Beispielen, in denen wesentliche Merkmale des Allgemeinen anschaulich und konkret repräsentiert sind. Mit diesem exemplarischen Prinzip verbindet sich nicht nur die Erwartung, wesentliche Züge des Gegenstandsbereichs am Beispiel kennenzulernen, sondern auch die Hoffnung auf Lerntransfer, also darauf, mit Hilfe der

erworbenen grundlegenden Einsichten andere und neue Aufgaben lösen zu können.

Die konkreten Lernaufgaben sollen aber nicht nur dazu beitragen, allgemeine Prinzipien zu erschließen; sie sind auch für sich genommen unverzichtbar, etwa als Anknüpfungspunkt und Motivationshilfe, als Erfahrungs- und Übungsgegenstand. Und schließlich ist zu berücksichtigen: Das in der technischen Bildung als zentral angesehene Lernziel der technikspezifischen Handlungsfähigkeit ist auf das Vorhandensein von technischem Können angewiesen; dieses lässt sich *ausschließlich* in konkreten Handlungssituationen erlernen und entfalten.

2.1 Auswahl und Bestimmung von Themen und Inhalten

Themen und Inhalte des Unterrichts sollen einerseits grundlegende Kategorien und Problemzusammenhänge der Technik repräsentieren, gleichzeitig aber für die Lernenden zugänglich und fassbar sein.

Die scheinbar naheliegende Option, diese Themen und Inhalte von den technischen Wissenschaften als Bezugsdisziplinen der Technikdidaktik abzuleiten, löst das Problem nicht: Zum einen sind die Technikwissenschaften extrem spezialisiert und differenziert, wodurch das Ganze, die allgemeinen Strukturen und Charakteristika der Technik aus dem Blick geraten, also gerade diejenigen Gesichtspunkte, die eine allgemeine Bildung ins Zentrum stellen sollte. Zum anderen orientieren sie sich bei der Bestimmung ihrer Forschungs- und Lehrgegenstände selbstverständlich an der wirtschaftlich berechtigten Nachfrage- und Verwertungsseite und nicht an den Erfordernissen einer allgemeinen Bildung.

Auch die *Allgemeine Technologie* als Ansatz einer »Wissenschaft von den allgemeinen Funktions- und Strukturprinzipien technischer Sachsysteme und ihrer soziokulturellen Entstehungs- und Verwendungszusammenhänge« kann die Aufgabe der Bestimmung der Unterrichtsinhalte nicht übernehmen: Sie liefert zwar wichtige Strukturierungshilfen und damit Orientierung in sachtechnischen wie soziotechnischen Dimensionen, jedoch verfügt auch sie nicht über leitzielgebende Bildungskategorien (etwa: Mündigkeit, Selbstbestimmung, Persönlichkeitsbildung, Solidarität) und kann deshalb die für den Lehr-Lern- und Bildungsprozess substanziellen Faktoren (die Lernenden, den Lernprozess, Bildungsinhalt) nicht erfassen.

Aus diesem Grund wurde ein spezifisch technikdidaktisch motivierter Orientierungsrahmen zur strukturierten Bestimmung von Themen und

Inhalten des Technikunterrichts geschaffen, der Strukturansatz der *Handlungsfelder*:

- Arbeit und Produktion
- Bauen und Wohnen
- Transport und Verkehr
- Versorgung und Entsorgung
- Information und Kommunikation
- Haushalt und Freizeit
- ...

Diese Felder beinhalten auf der einen Seite fachstrukturelle Bezüge, indem sie solche Bereiche zusammenfassen, die dadurch kohärent sind, dass sie je spezifische Methoden und Inhalte aufweisen. Auf der anderen Seite gehen subjektiv-situative Momente mit ein, indem sie von der Perspektive der Lebenswelt des technischen Laien aus angelegt sind.

Insofern sind diese Felder als komplexe Wahrnehmungs-, Erkenntnis- und Gestaltungsfelder zu verstehen.

2.2 Dimensionen technischer Fähigkeiten

Mit Blick auf die lernenden Subjekte und unter Berücksichtigung der oben zusammengestellten Merkmale des Gegenstandsbereichs Technik sind folgende Fähigkeitsdimensionen analytisch voneinander zu unterscheiden:

a) Wissen, Verstehen (kognitive Dimension)

Die Schülerinnen und Schüler sollen wichtige technische Sachverhalte kennenlernen und in allgemeine Strukturzusammenhänge einordnen können. Das schließt das Wissen um die gesellschaftliche Einbindung von Technik ein. Situative Bezüge werden zum Privat-, Berufs- und öffentlichen Bereich hergestellt.

Besondere Bedeutung haben Aspekte der Berufsorientierung im Sinne eines Überblicks und beispielhafter Einblicke in Merkmale und Anforderungen technischer Berufe, auch als Grundlage für sachlich fundierte Berufswahlentscheidungen.

b) Handeln, Können (aktionale Dimension)

Die Schülerinnen und Schüler sollen technikspezifische Fähigkeiten und Fertigkeiten erwerben, so dass sie in technikgeprägten Alltagssituationen sachverständig und vernünftig handeln können.

c) Beurteilen, Bewerten (evaluative Dimension)

Die Schülerinnen und Schüler sollen die Wertbezogenheit der Technik erkennen. Sie sollen verstehen können, dass und wie sich Bedürfnisse, Interessen und Bestrebungen unterschiedlicher Akteure in technischen Erzeugnissen materialisieren. Außerdem sollen sie Bewertungsmaßstäbe und -kriterien für die Beurteilung technischer Produkte kennen und anwenden.

Im realen technischen Handeln treten diese Fähigkeiten und Fertigkeiten eng miteinander verbunden auf: Wer technische Probleme lösen will, braucht dazu technische Fähigkeiten und Fertigkeiten. Deren Einsatz setzt aber bereits ein zumindest elementares technisches Wissen voraus, ein Wissen, das wiederum durch das Handeln und seine Ergebnisse verändert und erweitert wird. Da es für technische Probleme immer mehrere Lösungsmöglichkeiten gibt, muss der Handelnde Bewertungen vornehmen und Entscheidungen fällen. Beurteilungs- und Bewertungskompetenz stellen also ebenfalls wichtige Voraussetzungen technischen Handelns dar.

3. Schlussbemerkung

Die im Technikunterricht erworbenen Fähigkeiten und Fertigkeiten sollen in zweifacher Richtung wirken: Zum einen ertüchtigen sie die Schüler und Schülerinnen für den Umgang mit Technik, statten sie mit den Orientierungs-, Handlungs- und Bewertungsfähigkeiten aus, die sie für die Bewältigung der technisch geprägten Lebenswirklichkeit brauchen. Zum anderen aber tragen sie zur Persönlichkeitsbildung bei.

Wer ein technisches Problem gelöst hat, erlebt sich als ein erfolgreich Handelnder, er gewinnt nicht nur Erkenntnisse über Technik, sondern gleichzeitig über sich selbst, über seine technikspezifische Produktivität und Kreativität, seine Geschicklichkeit und Kraft.

Technische Bildung liefert also durch Aufbau eines technikspezifischen Selbstbewusstseins und Selbstkonzepts einen wesentlichen Beitrag zur Persönlichkeitsbildung.

Darüber hinaus aber geht es im Technikunterricht um die Stiftung kultureller Kohärenz: Für den inneren Zusammenhalt einer Gesellschaft ist es essentiell, dass alle Mitglieder prinzipiell in der Lage sind, an den Diskursen der dominanten Kulturbereiche teilzunehmen, sie mitzugestalten und die daraus erwachsenden Folgen zu verantworten.

Diese anspruchsvollen Fähigkeiten werden, wie durch Studien nachgewiesen wurde, nicht beiläufig durch bloßen Alltagsumgang mit Technik oder durch einzelne Modellprojekte erreicht und fallen auch nicht als Nebenprodukt eines anderen (etwa naturwissenschaftlichen) Fachunterrichts ab. Vielmehr braucht es einen einschlägig technischen Unterricht, der sich durch fachspezifische Unterrichtsverfahren und Methoden, Handlungsformen, Medien sowie Fachräume auszeichnet. Dieser Unterricht stellt Technik in einen kulturell-gesellschaftlichen Kontext, in dem sich erst der Sinnhintergrund technischer Produkte erschließt, nämlich, dass sie aufgrund von Bedürfnissen, Zielen und Interessen von Menschen erdacht und geschaffen werden.

2 Wirklich(e) Technische Bildung im Allgemeinen?

Der Begriff des Wirklichen, der die Überschrift dieses Beitrags prägt, ist im DGTB-Text in der Schlussbemerkung in dem Substantiv der technisch geprägten Wirklichkeit, als Kompositum dann als Lebenswirklichkeit verwendet. Die Verwendung im DGTB-Papier steht kaum in Frage: Das Leben ist von und durch Technik geprägt. Wer möchte daran zweifeln?

Was aber bedeutet der Begriff des Wirklichen, wenn man ihn vertiefend bildungsphilosophisch, pädagogisch und didaktisch durchdenkt? Was gibt uns der Begriff als ›Technikbildner‹ pädagogisch und didaktisch auf, so dass Technische Bildung der Wirklichkeit gerecht wird, und was müsste demnach Technikunterricht berücksichtigen?

Als Ausgangspunkt des Gedankengangs wollen wir den Menschen in seiner grundlegenden Verfasstheit als Mensch nehmen. Genauer soll gefragt sein: Was ist der Mensch als wirkliches Wesen? Wir konzentrieren uns auf das von der Lebenswelt betroffene und in ihr handelnde Subjekt in seiner eigenen personalen Wirklichkeit.

Zunächst eine kurze philosophische Einlassung. Wir schauen uns die Wirklichkeit als Seinsmodalität an. Einerseits ist die Wirklichkeit als Realität die inhaltliche Bestimmtheit, die Sachheit eines Seienden. Andererseits ist sie als Aktualität der tatsächliche Vollzug und damit das Verwirklichtsein dieser Realität (vgl. Halder & Müller, 1992: 348). Der Gegensatz dazu wäre nur Gedachtes oder Phantasiertes. Mit Hegel können wir zu Realität und Aktualität vermit-

telnd sagen, dass beide zusammen Momente im Ganzen der Wirklichkeit sind. In anderer Weise mag auch das Ergebnis scholastischer Erkenntnissuche, namentlich bei Meister Eckart, mit einer durchaus ›einfacheren‹ Formulierung weiterhelfen: Wirklichkeit ist, was Wirkung hat, als Erfahrung. Halder und Müller bezeichnen diese als eine »Sonderform der Erkenntnis, die nicht aus diskursivem Denken, sondern aus dem unmittelbaren Empfangen eines Gegebenen entspringt. Auf Grund dieser Unmittelbarkeit, in der die Gegenwart des Erfahrenen sich unwiderstehlich bezeugt, eignet jeder Erfahrung eine ausgezeichnete Evidenz« (ebd.: 79).

Davon ausgehend wollen wir das Wirkliche im Auge behalten und das Technikspezifische herausarbeiten. Dabei stützen wir uns in der Hauptsache auf das Duden Herkunftswörterbuch (Dudenredaktion, 2015). Gehen wir dem Lexem *-wirk-* als kleinste bedeutungstragende sprachliche Einheit nach. Das westgermanische Verb mhd. und ahd. wirken, niederländisch werken, vermutet man als abgeleitet vom Substantiv Werk. Dieses altgermanische Substantiv mhd. werc, ahd. werc(h) ist der Stamm mehrfacher für uns relevanter Wortbildungen. So die Verben bewerkstelligen, werken, werkeln (mit abschätzendem Unterton). Weiter gehen wir dem Lexem *-wirk-* nach, das variantenreich in der deutschen Sprache auftritt: verwirklichen, in die Tat umsetzen, realisieren, oder bewirken als verursachen oder herbeiführen, aber auch verwirken als einbüßen oder verlieren. Schließlich zeigen uns auch Adjektive auf, welch Reichtum von diesem Lexem ausgeht: wirklich umreißt in der Bedeutung die Wörter real und wahr. Diese Wörter mit je eigenem Duktus führen uns all das vor Augen, was wir meinen können, wenn wir von wirklicher technischer Bildung zu sprechen beabsichtigen.

Wirkliche technische Bildung; um zu erfassen, was das bedeutet, sei auf den Mittelbegriff ›technische‹ mit dem Bildungsphilosophen Theodor Ballauff eingegangen. Er erkennt beim Menschen drei grundlegende Daseinsweisen: Er bezeichnet ihn als Kosmostheoroi, als Kosmopolit und als Kosmostechnit (Ballauff, 1982: 380 und Wiesmüller, 2006: 147). Und Letztgenannter ist unseres Erachtens mit niemandem besser gedeutet als dem ›Verwirklicher‹. Demjenigen, der in die Tat umsetzt. Selbstverständlich gilt das für beiderlei Geschlechter. Wir verwenden den Verwirklicher als Geschlechtsabstraktum.

All das oben zusammengekommen verweist uns auf die didaktisch zu bewerkstelligende Aufgabe, wollen wir wirklich Technische Bildung aus ihrer Quellkraft heraus verstehen und wollen wir Technische Bildung wesentlich

beim Schüler verwirklichen. Auch hier gilt das selbstverständlich für die Schülerin. In kurzer Formel: Ohne das tatsächliche Tun, ein Machen, bei dem Tat und Sache zur Verwirklichung gelangen, ist Technische Bildung nicht vollständig, ja, sie bleibt ohne das Wesentliche, auf das es ankommt, wenn es gelingen soll, die Schüler in ihrer Lebenswirklichkeit zur Entfaltung zu bringen und gleichermaßen sie auf ihre spätere Lebenswirklichkeit vorzubereiten.

Freilich besteht die Lebenswirklichkeit aus Mehrerlei, zu dem der Mensch fähig ist: Sie zeigt sich als Werk des Denkens (vergleichbar dem Kosmostheoi), als Werk des Liebens (Teil des Kosmopoliten, also als Gesellschaftswesen) und schließlich als Werk des Handelns. In der Technik nun geschieht dieses Handeln in eigenartiger Finalität. Das heißt, es läuft auf etwas hinaus, was zu einem Abschluss kommt, wie es auch das DGTB-Papier festhält für die Technik. Die Finalität als Merkmal der Technik macht ihr Spezifikum aus. ›Realeres‹ und gleichermaßen objektivierteres Aktuelles als das Ergebnis einer technischen Handlung oder als realisiertes Artefakt ist kaum vorstellbar, was sich in der Funktion unwiderstehlich bezeugt (siehe oben die Evidenz der Erfahrung). Gibt es eine evidentere Objektizität? Gemeint als Objektivation in der Verursachtheit durch ein Subjekt in seiner Selbstwirksamkeit.

Wesentlich bildungswirksamer Technikunterricht kann nicht ohne die Aktualität, also den Akt sein. Mag er noch so wertvolle analytische und vorbereitende, auch konstruktive Geistanstrengungen auferlegen. So wie beschrieben ist erst die reale vom Subjekt unternommene Tat, das ›ins Werk setzen‹ im Sinne des Bewirkens und des Wirklichwerdens sowie des Bewirktseins die volle Einlösung des technischen Bildungsprozesses.

Eugen Fink hat einmal gemeint, Technik gehöre ins Sanctissimum der Bildungsgüter. Sollte das Bisherige hier schon Grund genug sein, weil es Wesentliches bedeutet, so können wir die Sache weitertreiben: Der Gedanke geht weit über ein instrumentelles Verständnis hinaus. Mit dem Neukantianer Paul Natorp lässt sich sagen: »So viel hängt daran, daß man die Beziehungen des Technischen zum Sittlichen richtig erfasst. Sittlichkeit vermag nicht anders konkret zu werden als durch Technik« (Natorp, 1974: 89). »Denn technisch verfahren heißt nach einer Regel verfahren, und zwar einer empirischen, also notwendig aus Naturerkenntnis schöpfender. Ist nun die Regel überhaupt Voraussetzung der Vernunftregel, so wird damit notwendig die Technik zur Vorstufe der Sittlichkeit« (ebd.: 88).

Wenn wir also heute fragen, wie wir etwa dem Menschen Verantwortung beibringen, die auf Sittlichkeit basiert, so haben wir mit Technischer Bildung

wie oben entfaltet ein herausragendes Instrument in Händen. Dürfen wir das im schulischen Rahmen ungenutzt lassen?

Wir müssen uns an der Stelle des DGTB-Papiers rückversichern. Gehen wir mit dem Natorpschen Gedanken zur Technik über Grenzen hinaus, die den Technikbegriff schwammig werden lassen? Ist dieses geistige Konstrukt noch in Einklang zu bringen mit dem Begriff der Soziotechnik? Anders erlauben wir uns zu fragen: Ist nicht das sittliche Handeln das höchste Ziel dessen, was wir mit Technikunterricht, freilich im schulischen Kontext nicht endgültig verwirklichen, aber für das Leben doch anbahnen können? Nicht vergessend, dass wir nicht den Ingenieur oder Techniker im Blick haben, sondern alle Menschen: Nutzer, Hersteller, Verkäufer, Händler und Gesetzgeber (DGTB Grundsatzpapier 1.2), die zum Beurteilen und Bewerten gezwungen sind (DGTB Grundsatzpapier 2.2, evaluative Dimension).

Stützen wir uns nochmal auf den großen Bildungsphilosophen und Schultheoretiker. Theodor Ballauff gedenkt die Schule in die Pflicht zu nehmen: »Denn je mehr die Religionen und Weltanschauungen auseinanderfallen, desto weniger werden sie der Einigungspunkt der Menschheit bleiben können« ... »Das, worin sich alle einig sind und bleiben, liegt im Leben und Glück der Menschen auf Erden, dem alles zu dienen hat. Durch Technik und Wirtschaft im Verein mit der Wissenschaft kann – das haben die letzten 150 Jahre wohl deutlich genug vor Augen gestellt – ein glückliches, gesundes und langes Leben gewährleistet werden. So wird nicht nur die Politik, sondern auch die künftige Bildung von diesen Bereichen und jener Zielsetzung her ihre maßgeblichen Direktiven empfangen« (Ballauff, 1966: 7). Und weiter: »Hier bedarf es der Schule, die die Schüler nicht an kritiklos überwältigende Ausmaße der Technik und Wirtschaft anpasst, sondern die Frage nach Maß und Wahrheit stellen lehrt« (Ballauff, 1966: 62).

Ein schwieriger Punkt: Maß und Wahrheit. Wer vermag sich gewiss sein im Besitz dieser Normung und seiner Festlegung einerseits und dieses Geltungswertes der Wahrheit schlechthin andererseits? Hier ist jede und jeder selbst gefordert, danach zu streben. Im Bewusstsein der Begrenztheit unseres Erkennens und Wissens sehen wir eine tragfähige Basis darin, von einer Welt der positiven Ideen auszugehen, von einer idealen Welt, durchaus im Sinne Platos, dessen Überlegungen den deutschen Idealismus geprägt haben – eine Zeit tieferschürfender philosophischer Reflexion, dessen Denkergebnisse uns aber auch bis heute herausfordern (vgl. Schmitt, 2003). Die Setzung des Ideals kann für den einen in einem göttlichen Ursprung begründet sein, für den anderen

ist sie ein innerweltliches Regulativ der Vernunft. Aus der Idealität lässt sich das ableiten, was in der Antike als eine Trias formuliert wurde. Das bayerische Erziehungs- und Unterrichtsgesetz hat es so ausgeführt: die Schüler sind in den Schulen des Freistaates aufzuschließen für das Wahre, Schöne und Gute, für das Wahre als ein Geltungswert. Das Wahre unterliegt schlicht und ergreifend nicht der Verfügung des Menschen: Wahrheit ist – für das Schöne, welches sich in dem Sinne zeigt, als das Schöne das sinnliche Erscheinen der Idee erfahrbar macht – und für das Gute, das positive Prädikat des menschlichen Willens (das sittlich Gute), aber auch das Gute der Dinge (das ontisch Gute) (vgl. Halder & Müller, 1997: 121, vgl. diesen Absatz in großen Teilen bei Wiesmüller, 2012).

3 Epilog

Führen uns die Überlegungen nun zur Forderung, uns wieder mehr dem Werkunterricht anzunähern, wie er vor den werkpädagogischen Kongressen in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts existiert hat? Dies, weil er das ›wirk‹ wurzelhaft in sich trägt. Nein. Die Errungenschaften technikkdidaktischer Reflexion und Theoriebildung haben Gültigkeit. Das DGTB-Papier ist ein Statement, das nicht hintergangen werden darf, das unter verschiedenen Aspekten aber in die Zukunft hinein auszuloten ist. Unsere Überlegungen dienen dem Ziel, den Wert des Technikunterrichts hervorzuheben, dienen dem Ziel, ihn in seinem Wesensgehalt zu beschreiben und zu festigen. In der gegenwärtigen Situation, wo alles von Digitalisierung, Smart-Technologien, Industrie 4.0 oder Big Data spricht, wo Schulen digital aufgerüstet werden und wo Politiker, Entscheider und Kostenprüfer überlegen, Werkbänke, Werkzeuge und Maschinen einsparen zu können, wo Technikräume geschlossen werden, will der Beitrag verstanden sein als Aufruf, Technikräume in ihrer Ausstattung zu erhalten, wo sie umgewidmet werden sollen, und neue zu schaffen, wo sie noch nicht existieren. Gerne können und müssen auch die neuen Instrumente eingeführt werden, wo sie den Bildungsgang bereichern. Das konkrete Handeln und Gestalten, die ganzkörperliche Erfahrung des Techniten, die Erfahrung der Selbstwirksamkeit in unmittelbarer Auseinandersetzung mit Material und Werkzeug ist und bleibt Bestandteil des technischen Bildungsprozesses im allgemeinbildenden Sinne.

Literatur

- Ballauff, T. (1966): Schule der Zukunft. Bochum: Verlag F. Kamp.
- Ballauff, T. (1982): Funktionen der Schule. Historisch-systematische Analysen zur Scolarisation. Weinheim und Basel: Beltz.
- Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung (DGTB) (Hrsg.) (2018): Grundsatzpapier Nr. 1 der DGTB – Anliegen und Grundzüge Allgemeiner Technischer Bildung. Berlin.
- Dudenredaktion (Hrsg.) (2015): Herkunftswörterbuch. Etymologie der deutschen Sprache. Band 7. Berlin, Mannheim, Zürich: Dudenverlag.
- Fink, E. (1978): Zur Bildungstheorie der technischen Bildung. In: Pleines, J.-E. (Hrsg.), *Bildungstheorien. Probleme und Positionen*. Freiburg: Herder, 40–54.
- Halder, A. & Müller, M. (1997): Philosophisches Wörterbuch. Freiburg: Herder.
- Natorp, P. (1974 [1899]): Sozialpädagogik. Theorie der Willensbildung auf der Grundlage der Gemeinschaft. 7. Auflage. Paderborn: Schöningh/Schöninghs Sammlung Pädagogischer Schriften.
- Schmitt, A. (2003): Die Moderne und Platon. Stuttgart und Weimar: J. B. Metzler Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-476-02926-3>.
- Wiesmüller, Chr. (2012): Bildung unter der Bedingung der Technosphäre. In: Pfenning, U. & Renn, O. (Hrsg.), *Wissenschafts- und Technikbildung auf dem Prüfstand. Zum Fachkräftemangel und zur Attraktivität der MINT-Bildung und -Berufe im europäischen Vergleich*. Baden-Baden: Nomos. <https://doi.org/10.5771/9783845238289-29>.
- Wiesmüller, Chr. (2020): Technische Bildung als wirkliche Bildung. In: Binder, M./Wiesmüller, Chr./Finkbeiner, T. (Hrsg.), *Technikunterricht: handfest und geistreich. Der Beitrag technischer Bildung zur kulturellen Bildung*. Offenbach am Main: BE.BE-Konzept, 83–91.

Autor

Christian Wiesmüller, Prof. Dr.

Leitung der Professur für Technische Bildung an der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe; Fakultät für Natur- und Sozialwissenschaften – Institut für Physik und Technische Bildung

Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: bildungs- und schultheoretische Begründung eines allgemeinbildenden Fachs Technik als dem ›T‹ in MINT, in der Spannweite von Werkpraxis und Digitalisierung; ästhetische Dimension der Technik und deren Bildungsrelevanz; außerschulische Lernorte

Bismarckstraße 10, 76133 Karlsruhe

wiesmueller@ph-karlsruhe.de

Kapitel III

Technische Bildung

Svantje Schumann

Abstract

Ausgehend von der Situation, dass technische Geräte sehr miniaturisiert und komplex geworden sind, werden die Fragen gestellt, was technisches Verständnis ist und wie man dorthin gelangt sowie was der Sinn technischer Bildung ist. In Bezug auf Erschließungsprozesse wird davon ausgegangen, dass diese immer zwei Ebenen umfassen: die Ebene des sinnlich Wahrnehmbaren und die des begrifflich-mentalentalen Entzifferns. Ausgehend von dem Versuch, klassifikatorisch zu klären, was Technik ist, und über das Nachdenken über die sinnlichen und sprachlich-konzeptionellen Erfahrungsmöglichkeiten wird ein exemplarisch entwickelter Bildungsanlass »Handbohrer« vorgestellt. Die Reflexion sowohl über die Bildungswirksamkeit dieses Bildungsanlasses als auch über technische Bildungsmöglichkeiten allgemein mündet in ein Nachdenken darüber, wie Menschen zu technischem Verständnis kommen können.

1 Ausgangsfragen und Bezugsbildung

Aktuell gibt es eine Forderung nach Umsetzung von technischer Bildung in der Schulpraxis und Beforschung von Bildungsprozessen im Bereich Technik (vgl. Kruse & Labudde, 2017; D-EDK, 2014). Besonders klärungsbedürftig erscheinen für sowohl Praxis als auch Forschung folgende Fragen zu sein: Was ist eigentlich technisches Verständnis? Wie gelangt man dahin? Und was ist der Sinn von »Technischer Bildung«, also der Sinn, sich mit Technik zu befassen? Hintergrund dieser Fragen ist auch, dass die moderne Welt zunehmend zu einer Black Box wird – technische Geräte sind sehr miniaturisiert und komplex geworden, der Blick ins Innere eines Smartphones liefert kaum Möglichkeiten für die Erschließung des Geräts. Dies treibt Bildungsforschende sowie Bildungspraktikerinnen und -praktiker um. Verschwindet nach und nach das Verstehbare? Was macht das mit den Menschen? Welche Auswirkungen auf Bildungsprozesse und welche Konsequenzen für Bildungsangebote entstehen dadurch?

Ganz allgemein kann man bezüglich Verständnisgewinnungsprozessen sagen, dass sie sich immer auf zwei Ebenen abspielen: der Ebene des Erschließens mit Hilfe der Sinne und dem begrifflichen bzw. sprachlich-mental Vordringen zu Erkenntnissen. Interessanter Weise spricht man auf beiden Ebenen vom »Begreifen«. Charakteristisch für die sinnliche Ebene ist, dass sie sehr komplex und detailreich ist. Die begriffliche Ebene kennzeichnet, dass es mit Hilfe von Sprache (u. a. Beschreibung, Aufstellung von Deutungsvorschlägen, Argumentation) möglich ist, Phänomene begrifflich-mental zu rekonstruieren, Wesentliches zu benennen und so zu abstrakterer Erkenntnis zu gelangen; auch das Reflektieren ist angewiesen auf Begriffe bzw. Sprache. Sprache ist der Weg, der von der sinnlichen Wahrnehmung bis hin zu Scientific Literacy führen kann (Busch & Ralle, 2013). Die begriffliche Ebene kann man sehr differenziert betrachten – so lässt sich im konkret-logischen Modus und muttersprachlich operieren, aber auch abstrakt-logisch und fachsprachlich, und in Bezug auf Beschreibungen ist zu sagen, dass diese beispielsweise subjektiv oder objektiv sein können.

Die Auseinandersetzung mit den oben genannten Fragen – Was ist eigentlich technisches Verständnis? Wie gelangt man dahin? Und was ist der Sinn von »Technischer Bildung«, also der Sinn, sich mit Technik zu befassen? – bedarf eines Bezugs: Welche Art von Technik ist gemeint? Versucht man, »Technik« – und zwar den Bereich der Sachtechnik (Gegenstände und Verfahren, vgl. DGTB, 2018) klassifikatorisch zu zerlegen, so kann man, wie immer beim Versuch, etwas zu klassifizieren, sehr unterschiedlich begründete Kategoriensysteme erstellen, wobei es auch immer zu Überschneidungen kommt und eine eindeutige Zuordnung von konkreten Elementen zu den jeweiligen Kategorien in der Regel nicht möglich ist. Versucht man es dennoch, so ist eine mögliche Variante der Klassifizierung die Einteilung in die Kategorien »Mechanik«, »Elektrotechnik einschließlich Mikroelektronik und Nanoelektronik« und »Informationstechnik (IT)«.

2 Technik als die Kategorien »Mechanik«, »Elektrotechnik« und »Informationstechnik«

Versuchsweise sollen diese drei Kategorien kurz skizziert werden und anschließend soll, bezugnehmend auf diese Einteilung, über die eingangs gestellten Fragen nachgedacht werden.

Mechanik

»Mechanik« bedeutet, dass Einzelkomponenten sich so in einem Zusammenspiel wirkend bewegen, dass sie eine bestimmte, zweckmäßige Funktion erfüllen. Beispiele für mechanische Technik sind der Flaschenzug, die Fahrradschaltung, der Kugelschreiber, der Handbohrer oder die Drehkurbel-Handmühle. Am Anfang der Geschichte der Mechanik stehen die sog. »elementaren, einfachen Maschinen«: Seil und Stange, Hebel, Rad/Rolle, schiefe Ebene/Keil. Dies sind Werkzeuge bzw. Geräte, die die Größe oder Richtung einer Kraft umwandeln oder den Punkt verlagern, an dem eine Kraft ansetzt, und die so helfen, dass mit dieser Kraft möglichst zweckmäßig Arbeit verrichtet werden kann. Kombinationen dieser »elementaren, einfachen Maschinen«, auch »einfache Maschinen« genannt, sind z. B. der Flaschenzug (Kombination von Seil und Rolle/n), das Wellrad (eine als Welle fungierende Rolle zusammen mit einem Hebel), eine Kurbel (Kombination aus Welle und Hebel) und eine Schraube (Kombination von einer Stange und einer schiefen Ebene, z. B. in Form einer Gewindeschraube).

Man kann davon ausgehen, dass Werkzeuge wie Hebel und Keil zum Hochheben schwerer Gegenstände und die Rolle, um diese schweren Gegenstände zu bewegen, schon in der Steinzeit verwendet wurden. Im alten Ägypten wurden Umlenkrollen verwendet, um Obelisk aufzustellen; Schiffe wurden mit Hilfe von in der Horizontalen arbeitenden Flaschenzügen vom am Land befindlichen Bauplatz ins Meer gezogen. Als Ur-Mechanik-Disziplin gilt die Statik und wird auf Archimedes verwiesen, der u. a. das Hebelgesetz, das Gesetz vom Gleichgewicht und das archimedische Prinzip beim hydrostatischen Auftrieb formulierte.

Elektrotechnik

Elektrotechnik entwickelt und erforscht Elektrogeräte, also zumindest teilweise elektrisch angetriebene Geräte. Beispiele für solche Geräte sind die Taschenlampe mit Schalter und Glühbirne oder die elektrische Haustürklingel. Die Ur-Menschen kannten das Phänomen der Gewitterblitze. In Ägypten gab es um 2750 v. Chr. Berichte von dem Phänomen, dass bestimmte Fischarten, z. B. Zitterrochen und Zitteraale, einen bestimmten elektrischen Effekt erzeugen können. Im Altertum waren elektrostatische Phänomene bekannt: das Reiben von Bernstein an Baumwolle führt z. B. dazu, dass Bernstein eine negative Ladung erhält und die Baumwolle eine positive Ladung.

IT-Technik

Die Informationstechnik, kurz IT genannt, umfasst Informations- und Datenverarbeitungsvorgänge, die auf der Basis entsprechender technischer Funktionen und IT-Infrastrukturen operieren. IT-Technik beruht auf digitaler Technik und entsprechenden Input-Output-Prozessen; es ist eine Form von Technik, bei der eine bestimmte »Logik« hinter den jeweiligen Prozessen steht, z. B. in Form von Prozessoren. Diese können u. a. Signale erkennen und zuordnen, Signale umwandeln, zählen, kodieren, dekodieren und invertieren. Prozessoren werden mit einer bestimmten Software bzw. einem Programm oder einem Speichersystem programmiert (Programme werden aufgespielt, »geflasht«). Über Schnittstellen und die entsprechenden Eingabe- und Ausgabesysteme (z. B. Tastatur, Bildschirm) kann der Anwender auf die Funktionen des Prozessors zugreifen. Beispiele für Informationstechniksysteme sind Computer, CD-Player, MP3-Player, Computerfestplatten, Taschenrechner, Mess- und Warnsysteme, Alarmanlagen, Diagnosegeräte, medizinische Geräte, Motorsteuerungen, Roboter, Mobiltelefone, Navigationssysteme.

Bei der IT-Technik handelt es sich um eine vergleichsweise junge Technologie (u. a. 1947 Erfindung des Transistors, 1979 Erfindung des ersten Intel-Prozessors, 1970 Erfindung des ersten Apple Personal Computers, 1956 Erfindung des ersten kommerziellen Videorecorders, ab ca. 1990 erste Laptops, ab 1993 erste Versionen eines Smartphones).

3 Mechanik, Elektro- & IT-Technik: Erfahrungsbasis und Konzepte

Über welche sinnliche Erfahrungsbasis und welche sprachlich-mentalene Konzepte verfügen Menschen in den drei Technik-Kategorien?

Wenn man sich die drei Kategorien anschaut – Mechanik, Elektrotechnik und IT-Technik –, so kann man sich überlegen, wo der »Durchschnittsmensch« in seiner technischen Erfahrung jeweils steht. Natürlich fehlen dazu repräsentative Erhebungen. Gleichwohl scheint es zulässig zu sein, eine grobe, auf Erfahrungswerte des Alltags gestützte Einschätzung vorzunehmen. Die Offenlegung dieser Überlegungen ermöglicht es zudem, mit genaueren Einschätzungen bzw. plausibleren Vorschlägen die im Folgenden dargelegten Aussagen zukünftig zu korrigieren.

Im Bereich der Mechanik erscheint es plausibel, anzunehmen, dass viele Menschen von einfachen Maschinen wie Rad, Seilrolle, Hebel und schiefer Ebene quasi »intuitiv« richtigen Gebrauch machen bzw. im Anwendungsfall richtig damit umgehen würden. Anders ausgedrückt: viele Menschen können eine Fahrradschaltung intuitiv richtig bedienen, auch wenn ihnen nicht klar ist, wie die Schaltung eigentlich funktioniert. Auf der Ebene des sinnlichen Erlebens kann davon ausgegangen werden, dass viele Menschen über grundlegende Erfahrungen mit mechanischen Prinzipien verfügen – wie bewusst oder unbewusst ihnen das ist, lässt sich allerdings nicht sagen. Schon beim Spielen im Wald ist erlebbar, wie sich Balancieren auf einem Baumstamm anfühlt und wie man sich bewegen muss, damit das Balancieren gelingt, oder wie es möglich ist, schwere Äste oder Steine, die man vielleicht für den Bau einer Hütte benötigt, möglichst kräfteschonend zu transportieren. Manche Autoren warnen davor, dass dieses Spielen, gerade in Naturräumen, aktuell zurückgeht und sich dieser Rückgang negativ auf Bildungsprozesse auswirken könnte, weil die für Bildung wichtigen Grunderfahrungen ausbleiben oder nur selten gemacht werden (vgl. z. B. Louv, 2008; Weber, 2011; Spitzer, 2014).

Bezüglich der Ebene des begrifflich-mentalen Erschließens und Verstehens kann vermutet werden, dass viele Menschen nicht über mechanische Begriffe und Fachkonzepte verfügen. In Bezug auf elementare Konzepte und Begriffe wie dem Kraftbegriff, der Unterscheidung von Masse und Gewicht sowie dem archimedischen Prinzip beim hydrostatischen Auftrieb scheint es zulässig zu sein, davon auszugehen, dass bezüglich dieser Phänomene Unklarheit für eine Mehrheit Erwachsener herrscht. Auch grundlegende, von Galileo, Kepler und Newton entwickelte Gesetze dürften sich der Kenntnis vieler Menschen weitgehend entziehen.

In der Elektrotechnik kann angenommen werden, dass viele Menschen über einige grundlegende Erfahrungen verfügen – dass z. B. fast jeder Mensch das Knistern und Funkensprühen eines aus synthetischen Fasern bestehenden Pullovers kennt, wenn man diesen (im Dunkeln) auszieht und darunter ein ebensolches Hemd trägt. Es kann aber auch angenommen werden, dass bereits die Beschreibung und Erklärung elektrostatischer Phänomene vielen Erwachsenen schwerfallen dürfte. In Bezug auf die Elektrotechnik kann vermutet werden, dass Wissen bezüglich grundlegender Begriffe und Gesetzmäßigkeiten – z. B. Strom, Spannung, Widerstand – und beim Können – z. B. der Installation einer Glühbirne – eine ausgeprägte Heterogenität besteht: Während manche

Menschen noch nie eine Glühbirne oder einen Schalter montiert haben, bauen sich andere ihre eigene Computerhardware zusammen.

Im Fall der IT-Technik wird allgemein davon ausgegangen, dass die meisten Menschen Nutzer dieser Technologien sind (»User«), von der Funktions- und Bauweise jedoch keine oder nur wenig Vorstellungen haben. Vieles im Bereich der IT-Technik entzieht sich auch der sinnlichen Wahrnehmung, ist quasi »unsichtbar«. Die Funktionsweise eines Transistors kann man nicht sehen. Ein Transistor wirkt wie ein Schalter: Er kann (im einfachsten Fall) einen Stromfluss zulassen oder blockieren. Bei einem mechanischen Schalter hingegen kann man die Funktionsweise genau sehen, wenn das Schaltergehäuse geöffnet ist: Mechanisch bewegliche Teile werden so verschoben, dass sie sich berühren (Schalter geschlossen) oder voneinander entfernt werden (Schalter offen). Die Abläufe in einem Computerchip oder einem einfachen logischen Baustein kann man lediglich über Flussdiagramme und Symbole darstellen und sichtbar machen. Das sinnlich Erlebbare (z. B. der Anschlag einer Tastatur) sagt wenig über die Funktion aus, die man mit der Eingabe erreichen will.

Bezüglich aller drei Technikbereiche gibt es nach wie vor einen großen Bedarf, empirisch zu ermitteln, welches Konzept die jeweils handelnden oder denkenden Menschen haben und wie bewusst oder unbewusst sie sich dessen sind. Aber auch im Bereich der sinnlich erfahrbaren Ebene ist nicht geklärt, wie es um diese steht. Zwar gibt es immer wieder Stimmen, die darauf hinweisen, dass Erfahrungserlebnisse rückläufig sind. Und dies nicht nur im Bereich der Naturerfahrung, sondern auch im Bereich technischer Skills – dazu gehört z. B. der Hinweis, dass Kinder mehrheitlich nicht wüssten, wie man eine Schraube drehen muss, damit sie sich löst.

Interessant ist, wie wenig Wissen es über das gibt, was Menschen aktuell noch im Bereich Technik wissen und können oder tun, was sie delegieren und wie es ihnen damit geht. Wie viele Menschen flicken ihren Fahrradreifen noch selbst? Und was ist die technische Tätigkeit, die vielleicht noch die meisten Menschen einmal selbst ausgeführt haben – der Zusammenbau eines Billi-Regals von Ikea? Was sind das für Menschen, die am Samstag in den Baumarkt laufen – was kaufen sie, was installieren sie selbst, was treibt sie an, worin besteht ihr persönliches Interesse?

Fest steht sicherlich, dass Kinder zunehmend nicht mehr wie selbstverständlich mit Mechanik in Berührung kommen. Das Basteln in Autogaragen, der Keller mit Schraubschlüsseln – welches Kind kommt damit noch in Berührung bzw. kennt diese Umgebungen aus dem Alltag? Es ist eine Tatsache,

dass es immer schwieriger wird, die heutige Technik zu verstehen, wenn Erfahrungen auf der Ebene der sinnlichen, sich im Alltag abspielenden Erlebnisse zurückgehen.

4 Aufbau von technischem Verständnis

Überlegt man ganz grundsätzlich, wie man zu technischem Verständnis kommen kann, so lassen sich verschiedene Möglichkeiten vorschlagen bzw. formulieren. Eine naheliegende Annahme besteht darin, bei der Initiierung von Bildungsprozessen von den jeweils zugrundeliegenden Phänomenen, die man im Alltag erfahren und beobachten kann, auszugehen und von jeweils konkreten Problemstellungen (z.B.: Wie bekomme ich eine Taschenlampe zum Leuchten? Wie kann ich eine schwere Kiste einen Meter hochheben?). Eine weitere Annahme, die sich mit dieser erstgenannten auch kombinieren lässt, ist, zunächst die auch historisch am Anfang stehenden Erschließungswege und entsprechenden Deutungen ins Visier zu nehmen, auch wenn diese ggf. noch Aspekte vernachlässigen oder anderweitig zu kurz greifen. Dieser Gedanke folgt der Beobachtung, dass gerade sich bildende Kinder häufig die Entdeckungswege, die die Wissenschaft historisch gegangen ist, mental nachzugehen scheinen. Folgt man diesem Gedanken, würde das auch dafür sprechen, Sich-Bildende zunächst mit Mechanik und analoger Elektrotechnik zu konfrontieren und erst Fortgeschrittene in die IT-Technik einzuführen.

Was bedeutet technisches Verständnis im Bereich der Mechanik und Elektrotechnik, wenn man Bildungsprozesse erst einmal auf diese beiden Kategorien bezieht? Technisches Verständnis hat man, wenn man die Zusammenhänge versteht. Im Fall der Mechanik ist ein Mensch dann beispielsweise in der Lage, ein Zahnrad einzusetzen und zu verstehen, wie sich dann das nächste Zahnrad, das in dieses greift, verhält, also zu wissen, dass dieses sich dann in entgegengesetzter Richtung dreht oder dass es, je nachdem, wie viele Zähne beide Zahnräder haben, zu einer Über- oder Untersetzung kommt und was dies bedeutet, z.B. in Bezug auf die Kraftaufwendung oder die Geschwindigkeit. Die Begriffe, z.B. Über- und Untersetzung, müssen nicht zwingend gewusst werden; Verständnis liegt dann vor, wenn die Funktion verstanden und beschrieben werden kann.

Schaut man sich das Beispiel »Über- und Untersetzung« bei Zahnradkonstruktionen mit 2 Zahnrädern an, so ist bereits dieser Vorgang im Prinzip sehr

kompliziert. Hier zeigt sich, dass Verständnis auf unterschiedlichen Stufen vorliegen kann. Man kann treffend beschreiben und verstehen, was funktioniert, indem man sich einfacher Sprache bedient (z. B. wie oft muss ich das Zahnrad mit dem kleinen Durchmesser und den vielen Zacken drehen, damit sich das Zahnrad mit den wenigen Zacken und dem großen Durchmesser so und so oft in entgegengesetzter Richtung dreht?) und man kann die Funktionsweise treffend mit mathematischen Algorithmen ausdrücken. Um eine Maschine mit Zahnradfunktion souverän bedienen zu können, reicht es aus, wenn jeweils Folgen eines Umschaltens im Voraus eingeschätzt werden können, weil eine verlässliche innere Vorstellung davon besteht, was dann eintreten wird.

Wie kommt man nun zu solchen verlässlichen inneren Vorstellungen, zu technischem Verständnis? Plausibler Weise, indem man viel Erfahrung, also viele Begegnungen mit solchen technischen Vorgängen hat. Hinzukommen muss ein Interesse an diesen Vorgängen. Erst wenn ein Interesse vorliegt, wird man die Vorgänge genügend intensiv und bewusst wahrnehmen, wird Fragen stellen und versuchen, Antworten zu verstehen oder selbst zu entwickeln.

5 Exemplarischer Vorschlag

Im Folgenden soll ein exemplarischer Vorschlag konstruiert werden, dessen Intention es ist, Kinder auf der Basis von sinnlicher sowie begrifflicher Zugänge dabei zu unterstützen, technisches Verständnis aufzubauen.

5.1 Exemplarischer Bildungsanlass »Handbohrer«

Ein Auftrag, der sich als Vorschlag für einen Einstieg in die Thematik »Handbohrmaschinen« versteht, lautet, Drehmaschinen mit Technik-Modellbauteilen zu bauen (vgl. Abb. 1) und anschließend die eigene Konstruktion zu zeichnen. Im Anschluss wird ein Gespräch mit den Kindern über ihre dabei gemachten Erfahrungen geführt. Es ist zu erwarten, dass trotz weniger Bauteile in der Regel konstruktiv sehr unterschiedliche Lösungen entstehen. Beispielsweise können die Wellen sowohl in der waagerechten als auch in der senkrechten Ebene gelagert, unterschiedlich geführt und abgestützt werden.

Eine Möglichkeit, an diesen Auftrag anzuschließen, besteht darin, dass in Gruppen- oder Einzelarbeit andere Arten von Drehmaschinen gebaut werden, z. B. in Form einer Dosen-Kurbelmaschine oder einer Kartonmaschine (vgl.

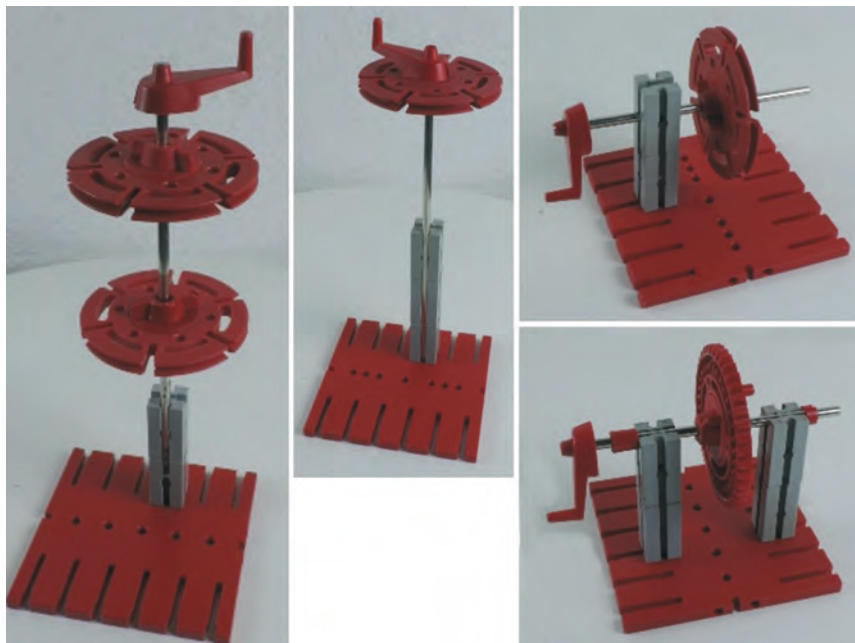


Abb. 1: Unterschiedlich konstruierte Drehmaschinen.

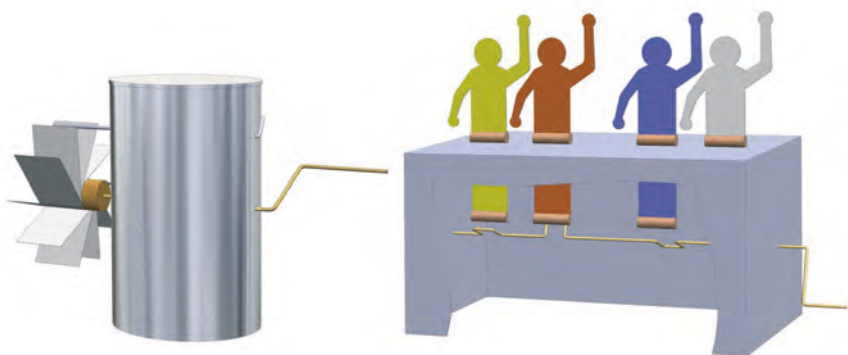


Abb. 2: Dosen-Kurbelmaschinen: links als Daumenkino aus einer Cappuchino-Dose; rechts als Theater aus einem Karton gefertigt.

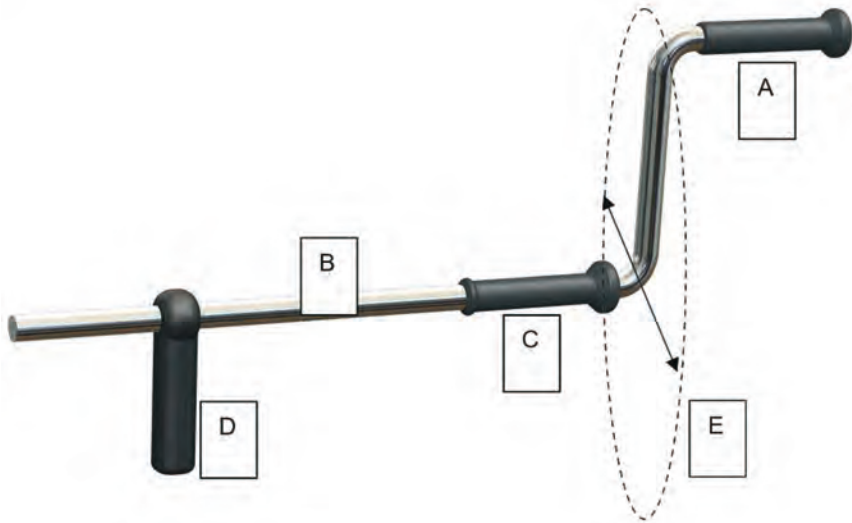


Abb. 3: Zeichnung zu den Begriffen Handgriff (A), Achse/Welle (B), Lager (C), Zusatzlager (D), Kröpfung und Drehpunkt (E) (Erläuterungen: a) Kröpfung bezeichnet den Durchmesser des Kreises, den die Kurbel bei der Drehung beschreibt, der Mittelpunkt des Kreises ist der Drehpunkt; b) bezüglich C kann die Frage gestellt werden, warum sich der Handgriff C gleichzeitig auch als 2. Lager bezeichnen lässt).

Abb. 2). Das Drehen auf einer Seite soll dabei zu einer Bewegung auf einer anderen Seite oder auf der Oberseite führen. Die Lehrkraft kann den Kindern dazu entweder die Herstellung einer solchen Maschine vormachen und diese machen die Arbeitsschritte nach, sie kann aber Kindern auch eine Anleitung geben, mit Hilfe derer sie die Maschine bauen können, oder Kinder eine eigene Konstruktion entwerfen und bauen lassen (mit oder ohne Vorgabe von Materialien und Werkzeugen; für einen Anleitungsvorschlag siehe: <https://www.fhnw.ch/plattformen/technik-stummfilme/>). Anschließend kann man mit den Kindern über die Funktionsweise einer Kurbel sprechen (vgl. Abb. 3).

Ebenfalls im Dialog kann über die Einzelbauteile und ihre Eigenschaften gesprochen werden und können dabei Begriffe von den Kindern eingeholt und/oder von der Lehrkraft eingeworfen werden, z.B. die Begriffe Handkurbel, Achse/Welle, Lager, aber auch Grundplatte, Baustein, Drehscheibe/Rad, bewegen, kurbeln, drehen, linksherum, rechtsherum, schnell, langsam. Kinder, die bereits alle oder einige Begriffe kennen, sind trotzdem gefordert, wenn sie deren Bedeutung mit Worten ausdrücken müssen. Manchen Kindern

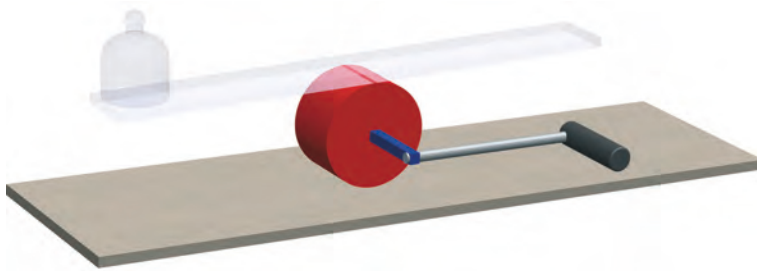


Abb. 4: Zeichnung, die zeigt, wie »Kurbel« und »Hebel« zusammenhängen (die Kurbel als einarmiger Hebel).

hilft es, die Begriffe gestisch darzustellen, manche machen ggf. Gebrauch von Zeichnungen. Auch das Vorlegen von Zeichnungen durch die Lehrkraft kann eine Möglichkeit darstellen, dass der Dialog dazu beiträgt, dass Kinder sich mentale Vorstellungen bilden oder bestehende Vorstellungen einen Transformationsprozeß erfahren.

Der Dialog kann sich auch der Thematik »Hebel und Kurbel« zuwenden, da eine Kurbel ein einarmiger Hebel ist (vgl. Abb. 4).

Einige Kinder kennen sicherlich schon das Hebelgesetz – aber man kann sie bitten, miteinander darüber nachzudenken, wie man zu dem Wissen, über das sie bereits verfügen, kommen kann (vgl. dazu Giel, 1968: 121). Auch bei der Formulierung des Hebelgesetzes gilt es, möglichst treffende Erklärungen zu suchen, gemäß der Beobachtung und Aussage von Wagenschein, dass Kinder, wenn sie sensibilisiert wurden für den Aspekt einer Definition, »bald einen gewissen sportlichen Eifer, sich an Schärfe und Knappheit der Definition zu übertreffen« an den Tag legten und dabei erfahren würden, dass »man zuletzt bei gewissen Grundbegriffen haltmachen muss« und dass man »sich sowohl vor zu engen als auch vor zu weiten Definitionen zu hüten hat« (Wagenschein, 1923/1996: 6).

Möglich ist es, sich im Anschluß gemeinsam auf die Suche nach Handkurbelgeräten im Alltag zu begeben und/oder den Kindern solche Geräte mitzubringen, also z. B. eine Salatschleuder, einen Bleistiftanspitzer mit Handkurbel, eine Brotschneidemaschine mit Handkurbel, eine Getreide- oder Kaffeemühle mit Kurbel, eine Apfelschälmaschine mit Kurbel (vgl. Abb. 5). Überlegt werden kann, was bei einem bestimmten Gerät jeweils u. a. die Handkurbel, die Welle oder die Kröpfung ist.

Bisher hat man nun Drehmaschinen betrachtet, aber noch nicht die Handbohrmaschine. Da bei einer Handbohrmaschine Zahnräder in den Dreh-

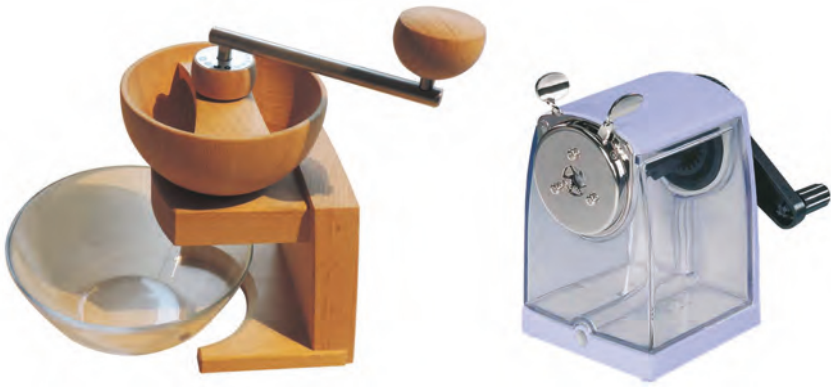


Abb. 5: Geräte mit Kurbel im Alltag.

vorgang eingebunden sind, könnte eine Zugangsmöglichkeit zur Handbohrmaschine darin bestehen, sich intensiv und bewusst mit Zahnrädern und Zahnradübertragungen auseinanderzusetzen. Eine Möglichkeit stellt hier dar, Zahnradübersetzungen zu bauen. Beim Explorieren, d. h. im spielerisch-probierenden Tun können die Kinder die Funktion von Zahnrädern als Mittel der Bewegungsübertragung kennenlernen. Fragestellungen, zu denen es möglich ist, kleine Konstruktionen zu bauen und sich damit explorierend auseinanderzusetzen, um so im Gespräch elementare Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten des Zahnradgetriebes zu entdecken und zu erschließen, können beispielsweise die folgenden sein:

- Was passiert, wenn ich das erste Zahnrad rechtsherum drehe?

Eine Beobachtungs- und Erfahrungsmöglichkeit ist: Wenn das erste Zahnrad im Uhrzeigersinn gedreht wird, dreht sich das zweite Zahnrad entgegen des Uhrzeigersinns.

- Was passiert, wenn ich links herum drehe?

Die Umkehrung kann erlebt werden: wenn das erste Zahnrad gegen den Uhrzeigersinn gedreht wird, bedeutet dies, dass sich das zweite Zahnrad im Uhrzeigersinn dreht. Es lässt sich erkennen, dass bei zwei ineinandergreifenden Zahnrädern die Drehrichtung des getriebenen Rades entgegengesetzt ist zur Drehrichtung des angetriebenen Zahnrades.

- Wie kann ich mit Zahnrädern in die Vertikale kommen?

Die Zahnräder könnten im rechten Winkel angeordnet werden. Sie greifen dann jedoch schlechter ineinander als zuvor, die Reibungsfläche ist kleiner geworden.

- Was passiert, wenn ein Zahnrad mit 40 Zähnen angetrieben wird und in ein Zahnrad mit 20 Zähnen greift?

Die Drehgeschwindigkeit ändert sich: In der Zeit, in der sich das große Zahnrad einmal dreht, hat sich das kleine Zahnrad zweimal gedreht. Es findet eine Übersetzung vom Langsamen ins Schnelle statt. Ein Beispiel für eine Übersetzung bietet u. a. eine Zentrifuge, z. B. zum Schleudern von Honig – aus einer langsamen Bewegung soll eine ganz schnelle, den Honig aus den abgedeckelten Waben schleudernde Bewegung werden. Das Übersetzungsverhältnis lässt sich auch mathematisch berechnen. Ein Beispiel: Zahnrad 1 hat 20 Zähne, Zahnrad 2 hat 10 Zähne. Das Zahnrad 2 dreht sich $2\times$, wenn sich das Zahnrad 1 nur $1\times$ dreht. Das Übersetzungsverhältnis ist $2:1$.

- Was passiert, wenn ein Zahnrad mit 20 Zähnen angetrieben wird und in ein Zahnrad mit 40 Zähnen greift?

Es findet eine Untersetzung statt, eine Transformation vom Schnellen ins Langsame.

Stummfilme, die verschiedene Zahnradübertragungen zeigen, finden sich unter: <https://www.fhnw.ch/plattformen/technik-stummfilme/>; sie bieten die Möglichkeit, Gespräche über das in den Filmen Gezeigte und Beobachtbare zu führen und dabei zu ermitteln, welche Prinzipien jeweils erkennbar sind. Die Kinder können auch erfahren, welche Begriffe hilfreich bei der Beschreibung der Vorgänge sind.

Eine weitere Option, einen Zugang zum Thema Zahnradübertragung zu ermöglichen, ist, zu versuchen, diese zu optimieren. Festgestellt wurde bereits, dass zwei im rechten Winkel angeordnete Zahnräder schlecht ineinandergreifen (siehe Abb. 6 rechts, mit Zahnrädern in die Vertikale bauen). Als Alternative kann ein Kegelradgetriebe gebaut und angesehen werden und ein Gespräch über die Bezeichnung »Kegelrad« geführt werden (vgl. Abb. 7).

Der Einstieg in die Thematik »Handbohrmaschinen« könnte auch direkt anhand einer Handbohrmaschine erfolgen – oder es kann eben das Explorieren mit Drehmaschinen und Zahnradübertragungen vorausgehen. Auch hier gibt es nicht die für alle Kinder »richtige« Lösung. Gemäß Wagenschein muss man nicht immer mit dem Selbstverständlichen, Einfachen beginnen, sondern

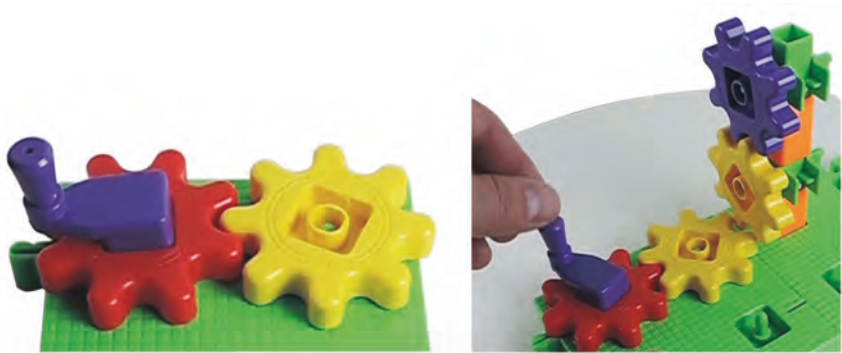


Abb. 6: Bewegungsübertragung mit Zahnrädern – links: zwei Zahnräder mit derselben Anzahl Zähne, die ineinandergreifen; das Antriebsrad hat einen Handgriff mit Kurbelarm; rechts: mit Zahnrädern in die Vertikale bauen.



Abb. 7: Optimierung: einfache Zahnräder und Kegelzahnräder.

kann auch das Kompliziertere, Problematische vor den Kindern ausbreiten, um darin das Verständliche, Gewohnte allmählich zu erkennen, auf dem es beruht (Wagenschein, 1999: 121 f.).

Wendet man sich an einem bestimmten Zeitpunkt der Handbohrmaschine zu, so gibt es wiederum verschiedene Möglichkeiten für die Auseinandersetzung und Erschließung. Eine Möglichkeit besteht darin, die Handbohrmaschine so in Alufolie oder Packpapier zu wickeln, dass nur die Handkurbel an der Seite und der Bohrer unten heraus schauen (vgl. Abb. 8). Der Auftrag kann dann z. B. lauten, die Maschine als Ganzes zu zeichnen, also auch das, was verborgen ist. Anschließend können die verschiedenen Zeichnungen miteinander verglichen und die Handbohrmaschine letztlich ausgepackt werden, um Zeichnungen und Realität miteinander zu konfrontieren.

Versucht werden kann auch, eine Handbohrmaschine mit Hilfe von z. B. Fischertechnik-Bauteilen nachzubauen, als Modell (Abb. 9). Dabei lässt sich auch ein Gespräch darüber führen, was ein Modell ist, was für unterschiedliche Typen von Modellen es gibt und was diese kennzeichnet (z. B. stellt ein Funktionsmodell die Funktion des Gegenstands dar, entspricht aber nicht 1:1 dem originalen Gegenstand, veranschaulicht jedoch die Prinzipien der Wirkungsweise bzw. Funktion). Gespräche können auch darüber geführt werden, was das Modell und den originalen Handbohrer unterscheidet und worin beide übereinstimmen; was man am jeweiligen Modell verändern kann (und dass man etwas verändern kann, d. h. man hat es mit dynamischen, nicht starren Modellen zu tun); wozu Modelle nützen können (z. B. zur Veranschaulichung, zum Aufbau von mentalen Vorstellungen von Prinzipien, für Vorhersagen über mögliches Verhalten und ggf. Schwachstellen der Konstruktion) oder wann ein Modell ein »gutes« Modell ist (z. B. wenn es die komplexe Wirklichkeit vereinfacht darstellen kann, wenn es den Zweck gut erfüllt, für den man es gebaut wurde, oder wenn es ein Prinzip besonders gut demonstriert).

Interessant, aber anspruchsvoll, ist eine Auseinandersetzung mit dem Bohrfutter. Der Frage, wie man einen Bohrer einspannt und wie er in der Maschine fixiert wird, können alle Kinder durch Ausprobieren, Beobachten und Beschreiben nachgehen. Manche Kinder lernen durch das Ausprobieren, dass man die Gewindeachse fixieren muss, wenn man das Bohrfutter auf dem Gewinde dreht, andere Kinder können es durch Nachmachen erfahren oder bekommen es vorgemacht. Wenn kein Bohrer eingespannt ist, lässt sich von vorne bzw. unten in das Bohrfutter hineinsehen, ggf. auch mit einer beleuchteten Lupe. Auch davon kann man eine Zeichnung anfertigen. Meistens sind die

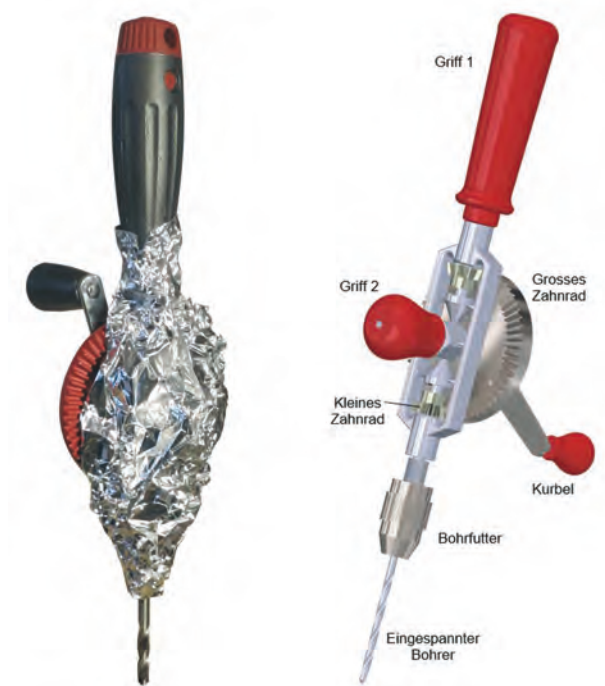


Abb. 8: Eingewickelte Handbohrmaschine und Aufbau einer Handbohrmaschine; im Fall der rechten Zeichnung lässt sich noch etwas anderes gut beobachten: hier ist noch ein zweites Kegelrad (oben, gleich unterhalb des oberen Griffs) angebracht – ein Gespräch lässt sich darüber führen, was es damit auf sich hat (es dient der Stabilisierung; das rote Zahnrad läuft dann besonders rund; wichtig ist auch: dieses obere Kegelrad darf nicht mit dem unteren verbunden sein, denn es dreht sich ja in die »falsche« Richtung).

drei Spannbacken recht gut zu erkennen. Konusförmiges Bohrfutter, Spannbacken und Bohrer gelingt es, dass die Bohrer eingeklemmt werden, wenn das Bohrfutter auf dem Gewinde durch Drehen entsprechend bewegt wird. Auch hierzu lässt sich modellhaft explorieren, z.B. können die Kinder versuchen, eine Metallhülse zu nehmen und einen Bohrer darin zu fixieren, indem sie mit Hilfe von streichholzdünnen Hölzchen und Styroporkrümel eine Verkeilung vornehmen. Zeichnungen und Stummfilme zum Bohrfutter finden sich ebenfalls unter dem Link <https://www.fhnw.ch/plattformen/technik-stummfilme/>

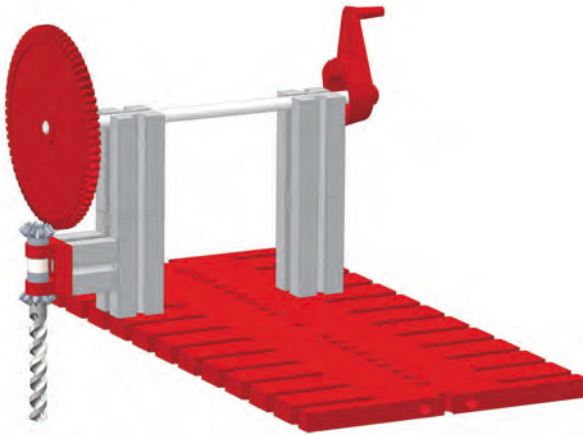


Abb. 9: Modell-Handbohrmaschine.

und eignen sich für verschiedene Aufträge mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad.

Unabhängig von der Reihenfolge, in der man die Kinder mit den Materialien, mit Fragen oder mit Aufträgen konfrontiert, steht irgendwann automatisch die Frage im Zentrum, wie eine Handbohrmaschine funktioniert. Nach dem Einspannen des Bohrers gilt es also, die Zahnradübersetzung zu beobachten und beispielsweise im Gespräch die Funktionsweise zu klären (wieder Abb. 8). Geklärt werden kann, dass die große, rote Handkurbel als Hebel fungiert (je länger man den Hebelarm bauen würde, desto mehr Kraft könnte man ausüben – allerdings scheitert das Vorhaben einer Hebelarmverlängerung irgendwann an den Voraussetzungen der Gesamtbauweise, weil der Hebelarm, um beim Bohren nicht hinderlich zu werden oder gar auf dem Tisch aufzusetzen, eine bestimmte Länge nicht überschreiten kann). Zentral für die Funktionsweise ist vor allem auch das kleine, silberne Kegel-Zahnrad. Dieses wird durch den Handkurbelantrieb gedreht, eine Übersetzung geht vonstatten, d. h. das kleine silberne Kegelrad dreht sich schnell – dafür ist allerdings auch viel Kraft erforderlich, das spürt man. Es erfolgt zudem eine Bewegungsänderung: das große rote Zahnrad dreht sich vertikal, das kleine silberne Kegelrad horizontal. Die Passung zwischen rotem Zahnrad und silbernem Kegelrad ist perfekt – es besteht ein optimaler Formschluß. Durch die Bewegung des silbernen Kegelrads werden schließlich Bohrfutter und Bohrer in Drehung versetzt – es lässt sich bohren.

Die Auseinandersetzung mit der Funktionsweise ist anspruchsvoller, vor allem, je genauer man das, was passiert, verstehen will (Beispiel: das Bohrfutter). Wagenschein betont, noch schwieriger als gute Definitionen aufzustellen sei es, sprachlich Beziehungen bzw. Zusammenhänge zwischen verschiedenen Teilen eines Gegenstands auszudrücken. Um Zusammenhänge zu verstehen, kann man nach Wagenschein entweder von der Logik der Funktionsweise ausgehen (z. B. bei der Handbohrmaschine überlegen, wie der Weg der durch die Kurbel ausgelösten Bewegung durch das Gerät ist und diesen Weg nachvollziehen) oder von der Logik der Herstellung (z. B. die Reihenfolge des Zusammenbaus von Einzelteilen zum Ganzen betrachten) (Wagenschein, 1923/1996: 10).

Zahlreiche Aufträge und Fragestellungen können Kinder dabei unterstützen, möglichst viele Prinzipien in Bezug auf Bau- und Funktionsweise weitgehend selbstständig zu erschließen. Hier einige beispielhafte Möglichkeiten:

- Explorieren: Vorsichtig (Schneid-Gefahr!) mit einer Hand den eingespannten Bohrer drehen, mit der anderen Hand das Gerät nur vorsichtig ganz oben festhalten. Beobachtung: das große, rote Rad dreht sich sehr langsam. Untersetzung: Klärung im Gespräch.
- Erweiterte Fragestellung: Würde der Handbohrer auch funktionieren, wenn das Kegelradgetriebe aus einem geraden silbernen Zahnrad bestünde, nicht aus einem kegelförmigen? Klärung im Gespräch, dass es evtl. ginge, aber unter Verlust von Präzision; eine schlechte Übertragung und viel Kraftverlust wären die Folgen; evtl. anschauen der bereitgestellten Stummfilme zum Kegelradgetriebe (<https://www.fhnw.ch/plattformen/technik-stummfilme/>, unter Lernumgebungen, Handbohrmaschinen).
- Weitere zusätzliche Fragestellung: Manche Handbohrer haben seitlich noch eine Stange. Diese dient dazu, dass man die Handkurbel umschauben und damit die Drehrichtung ändern kann.
- Nachdenken über den funktionalen Aufbau des Handbohrers: Im funktionalen Aufbau des Handbohrers lassen sich drei Mechanismen unterscheiden – der Antriebsmechanismus, der die erforderliche Antriebsenergie erzeugt (im Fall des Handbohrers die Handkurbel); der Übertragungsmechanismus, der die Antriebsbewegung aufnimmt, weiterleitet, nach Bedarf umwandelt und auf den Werkzeugteil überträgt (im Fall des Handbohrers die Zahnrad-Übertragungen); den Werkzeug- oder Arbeitsmechanismus, der die eigentliche Arbeit verrichtet (im Fall des Handbohrers der Bohrer und der Bohrvorgang).

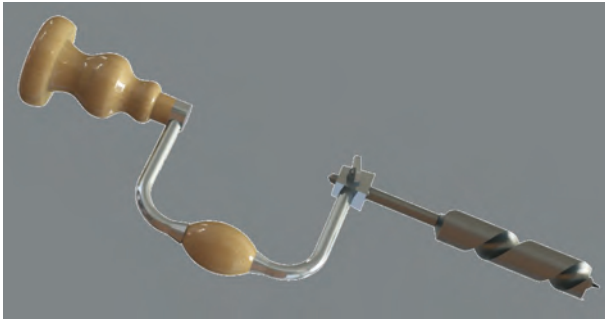


Abb. 10: Alter Kurbelbohrer, auch Brustbohrer genannt.

- Verallgemeinerungsversuche im Gespräch: Nachdenken über den konstruktiven Aufbau von Maschinen allgemein – Maschinen bauen sich immer aus einfachsten Bauteilen auf, die konstruktiv nicht weiter zerlegbar sind. Die wichtigsten Maschinenelemente sind Elemente der drehenden Bewegung wie Zapfen, Welle, Achse, Lager. Elemente der Drehmomentübertragung wie Zahnräder, Riemenantrieb, Kettenantrieb, Kupplung. Elemente der Bewegungsumwandlung wie Kurbelantrieb. Verbindungselemente als unlösbare Verbindungen wie Niete, Schweiß-, Schrumpf-, Klebeverbindung; als lösbare Verbindungen wie Keil, Schraube, Bolzen, Gewinde. Als Träger der Maschinenelemente dienen Gestell und Gehäuse.
- Vergleiche anstellen: Man kann überlegen, wie ein Kurbelbohrer funktioniert. Kurbelbohrer (siehe Abb. 10) sind sehr übersichtlich im Aufbau und in der Funktionsweise: zwei frei drehbare Griffe, in der Abbildung unten aus poliertem Holz gebildet, sind an einer einfachen Kurbel angebracht. Der Bohrer wird mit einer einfachen Spannvorrichtung fixiert. Im Dialog überlegen, was Unterschiede und Gemeinsamkeiten im Vergleich von Kurbelbohrer und Handbohrmaschine sind und wo man welches Werkzeug einsetzt. Wenn man den Kurbelbohrer (auch Brustbohrer genannt, da auch mit der Brust statt mit der Hand Druck auf den oberen Drehknopf ausgeübt werden kann) mit der Handbohrmaschine (wie oben gezeigt) vergleicht, stellt man fest, dass man beim Kurbelbohrer mit weniger Bauteilen auskommt. Die komplizierte Zahnrad-Technik mit Übersetzung fällt hier vollständig weg. Die Kraftübertragung beim Kurbelbohrer ist unmittelbar, man kann gut die Hebelwirkung der Kurbel nachvollziehen (je tiefer die Kurbel ausgeprägt ist (→ Kröpfung), desto größer ist die Hebelkraft für



Abb. 11: Drillbohrer.

den Antrieb). Der Kurbelbohrer hat eine gute Kraftübertragung und eine geringe Drehzahl (wenn man einmal die Kurbel dreht, dreht sich der Bohrer auch einmal, es gibt keine Übersetzung). Die Handbohrmaschine liefert im Vergleich eine schnelle Drehbewegung für den eingespannten Bohrer, aber die Kraftübertragung ist nicht so effizient (es gibt viel »Sand im Getriebe«, also z. B. viel Kraftverlust durch Reibung oder »Wackeln«). Daher ist die Handbohrmaschine eher für dünnere Bohreinsätze geeignet (2 mm bis 8 mm).

- Überlegen, wie ein Drillbohrer funktioniert (siehe Abb. 11). Der Antrieb des Drillbohrers verfügt über ein völlig eigenständiges Prinzip, es gibt keine Kurbel und keine Zahnradübersetzung. Eine spiralförmig gedrehte Achse ist mit einem frei drehbaren Lager am oberen Griff befestigt. Am unteren Ende der Spiralachse ist über einen einfachen Schraub-Konus ein dünner Bohrer eingespannt. Die Besonderheit liegt im mittleren Griffstück verborgen. Die Spiralachse steckt hier formschlüssig in einem Ein-Wege-Lager, das sich in eine Richtung frei drehen kann und in die andere Richtung blockiert. Wenn man das Griffstück nach oben zieht, läuft das Lager frei mit und die Spiralachse dreht sich nicht. Beim Nachuntendücken des Mittelgriffes blockiert das Lager und die Spiralachse muss sich in Drehbewegung versetzen, um dem Druck des Griffes nachzugeben. Durch die nur sehr geringe Kraftausübung über den Mittelgriff und die Spiralachse können hier nur sehr kleine Bohreinsätze (1,5 mm–3 mm) verwendet werden. Dieser Bohrer eignet sich für kleine Handarbeiten in weichem Material (z. B. Balsaholz, Karton, weicher Kunststoff, Leder). Kinder können mit diesem Werkzeug erste Erfahrungen sammeln für eine ganz andere Bewegungsform beim Bohren mit einem Handbohrgerät.

5.2 Reflexion über die exemplarische Konstruktion eines Bildungsanlasses »Handbohrer«

Die Annahmen, die hinter dem exemplarischen Bildungsanlass stehen, stellen sich zusammengefasst wie folgt dar:

- Wissen über den Handbohrer und die zum Tragen kommenden Prinzipien soll überwiegend durch selbstständiges Nachdenken und eigenes Handeln erworben werden, also gemäß der individual-genetischen Perspektive im Modus des forschend-entdeckenden Lernens (vgl. u. a. Schmidkunz & Lindemann, 1999: 19; Soostmeyer, 1998: 160)
- Der Bildungsanlass fühlt sich dem exemplarischen Prinzip verpflichtet. Exemplarität bedeutet eine begründete Beschränkung auf besonders anschauliche, eindruckliche Prinzipien bzw. den Sachverhalt gut verkörpernde Beispiele in Bezug auf u. a. Themen sowie Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen.
- Der Bildungsvorschlag soll viel Anlass für Dialoge geben. Nicht fertiges Wissen, sondern die dialogische Entwicklung von Interpretationen steht im Zentrum (zur Bedeutung der Kommunikation beim Auf- bzw. Umbau von Wissenskonstruktionen vgl. z. B. Duit & Treagus, 1998). Im Dialog ergeben sich Vergleichsmöglichkeiten mit zahlreichen Perspektiven und Erfahrungen anderer, was eine Konzepttransformation fördert. Es werden durch den Dialog vor allem auch solche Lesarten artikuliert, die sich der sinnlichen Wahrnehmung entziehen, aber dennoch gedacht werden können. Weiterhin entsteht durch den Dialog Klarheit darüber, welche zusätzlichen Fragen oder Probleme ggf. in Bezug auf ein Phänomen bzw. einen Gegenstand oder Vorgang relevant sind. Im Dialog kann Selbstwirksamkeit zur Sprache kommen und sich nach außen zeigen und zwar nicht als selbstinszenatorische Darstellung, sondern als selbstgenügsame Praxis.
- Der Vorschlag basiert auf der Annahme, dass der originalen Begegnung eine wichtige Bedeutung in Hinblick auf Bildungsprozesse zukommt (Roth, 1970).
- Der Vorschlag geht davon aus, dass das sprachlich-mentale Erschließen durch das Stellen von für Kinder bedeutsamen Impulsfragen (Ansari, 2009; Liebig, 2012) begünstigt wird.
- Insgesamt geht der Vorschlag davon aus, dass durch das Aufgreifen kindlichen Interesses (Schönknecht & Maier, 2012), durch das Ermöglichen handlungsorientierter Zugänge (vgl. u. a. Dewey, 1933; Hartinger, 1997; Soost-

meyer, 2002; Heck, Weber & Baumgartner, 2009; Einsiedler, 2015; Gervé & Mayer, 2018; Giest, 2018) und durch das Anknüpfen an die kindliche Lebenswelt (Hempel, 2007; GDSU, 2002/2013) bildungsförderliche Momente entstehen bzw. begünstigt werden.

Der Bildungsanlass nutzt immer wieder Situationen, in denen die Sich-Bildenden sich einem Gegenstand bzw. Detail oder Vorgang sinnlich-wahrnehmend und in Muße widmen und in einen Dialog darüber eintreten (sog. Exposition, Wagenschein, 1983). Die am Anfang der einzelnen Sequenzen stehenden Dialoge dienen auch jeweils dazu, den Lernstand der Kinder zu erfassen und an ihren Vorstellungen anzuknüpfen. Erst im Anschluss folgen Untersuchungen, Experimente oder Manipulationen. Dadurch, dass der sinnlichen Wahrnehmung in Muße viel Raum gegeben wird, wird begünstigt, dass niemand frühzeitig aufgrund seiner Sprache, seines Vorwissens bzw. Leistungsstandes oder seines Geschlechts bevorzugt oder benachteiligt wird.

Eine Kommunikation über die ausgewählten technischen Gegenstände und Verbindungen ist auch dann relativ gut möglich, wenn den Kindern viele Begriffe fehlen. Der Lernanlass versucht gezielt, Gebrauch zu machen von anschaulichen Vorgängen und greifbaren Inhalten, wobei die Prinzipien gut wahrnehmbar sind. Auf diese Weise lässt sich auch mit sprachlich einfachen Mitteln gut beschreiben, was zu sehen ist – und stellt dies einen ersten Schritt dar, um auf Fragen aufmerksam zu werden, oder führt zu der Motivation, den Dingen stärker auf den Grund gehen zu wollen.

Der Bildungsanlass »Handbohrmaschine« führt zur Generierung zahlreicher Lernspuren der Sich-Bildenden, u. a. Skizzen zu technischen Vorgängen, Kommentare zu Technik-Stummfilmen, Fragen. Ein Abgleich dieser Lernspuren mit dem jeweiligen sachanalytischen Hintergrund ermöglicht es, auf Konzeptunterschiede zwischen Präkonzepten der Kinder und Fachkonzepten aufmerksam zu werden; sichtbar werden aber auch sog. »blind spots« (was wurde von Kindern übersehen oder konnte von ihnen nicht in Worte gefasst werden).

Natürlich ist aber ein Konzept nie ein »Allheilmittel« für Verstehensprobleme. Das Gelingen kann sich erst im Rahmen der Dialoge zeigen bzw. ergeben. Durch gelingende Dialoge ist es möglich, gezielt den Blick der Kinder auf wichtige Beobachtungen zu lenken, die zum Aufwerfen von Fragen führen und zur Entwicklung und zum Verständnis zentraler Prinzipien. Der gute diagnostische Blick der Lehrkraft ist für die Realisierung eines differenzierten

Bildungsprozesses von enormer Bedeutung. Der entwickelte Bildungsanlass bietet Material, das die PädagogInnen bei der Diagnostik und in der Bildungsprozessbegleitung unterstützt. Das eigentliche Gelingen von Bildungsprozessen ergibt sich erst auf der Ebene der konkreten Umsetzung. Lehrkräfte müssen dabei in der Lage zu situativ-spontanem Eingehen auf die Äußerungen und Bedürfnisse der Kinder sein.

6 Überlegungen in Hinblick auf den Sinn technischer Bildung und Forschungsbedarf

Was ist nun der Sinn von technischer Bildung, also vom Versuch, Technikverständnis aufzubauen?

Sinn von Bildung allgemein ist es immer, dass der Mensch so viel Autonomie wie möglich erlangt, so dass er Entscheidungen in seinem Leben bewusst und eigenständig treffen kann und sich in Krisensituationen maximal gut orientieren kann. Kinder wachsen in einer zunehmend technisierten Welt auf bzw. in sie hinein. Verschiedene Automaten, Geräte und Maschinen erleichtern einer wachsenden Zahl von Menschen den Alltag und bereichern, aber verändern auch individuelle Lebensweisen. Es liegt auf der Hand, dass technische Bildung heutzutage wichtig ist, um Kinder darin zu unterstützen, sich in der Welt dauerhaft orientieren, Technik-Verständnis aufbauen und über Einsatz und Nutzen von Technik reflektieren und entscheiden zu können.

Während zu Zeiten der Industriellen Revolution vor allem die mechanische und elektronische Automatisierung im Zentrum stand (u. a. Fließbandproduktion und Erfindung der Webmaschine), treibt die Forschung heute die digitalisierte Automation sehr stark voran. Die Begegnung mit digitalen Geräten ist allgegenwärtig: Smartphone statt Telefon mit Wählscheibe, Navigationsgerät statt Straßenkarte, E-Book statt Buch usw. Digitalisierung bedeutet, dass die Menschen bei vielen Gelegenheiten im Alltag – speziell in der Industrie und in der Administration – Computer einsetzen.

Diese Entwicklung wirkt sich auf Menschen und ihre Bildungsprozesse aus. Während früher beispielsweise eine vergleichsweise große Zahl von Menschen noch selbst an Autos herumschraubte, bei auftretenden Defekten also die Motorhaube aufmachte, Fehler- und Ursachenforschung betrieb und versuchte, Abhilfe zu schaffen, ist der heute übliche Weg, sich in der Werkstatt mit Hilfe eines Diagnosegeräts die Fehler auslesen und diese anschließend beheben zu

lassen. Moderne Autos haben in der Regel auch kein Ersatz- bzw. Notrad und Wagenheber mehr an Bord. Wenn ein Reifen kaputt ist, ruft man den Service an und lässt sich abholen. Reparaturarbeiten führen ausgebildete Spezialisten durch, nicht aber der normale Bürger selbst. Als Bürger ist man stärker abhängig von den Spezialisten geworden.

Es gibt die Möglichkeit, eigenes Entscheiden und Handeln abzugeben an digitale Systeme, die Möglichkeit, die Verwaltung und Steuerung Geräten zu überlassen, externen Systemen. Entscheidet man sich dafür, Entscheidungs- und Handlungsbereiche abzugeben, muss man auf diese Systeme vertrauen. Hochleistungscomputer stellen, wenn man sie damit beauftragt, in Bruchteilen von Sekunden gigantisch viele Berechnungen an, um dann als »optimal« deklarierte Ergebnisse zu präsentieren. Im Sinne der Autonomieerhaltung und Verantwortungsübernahme muss daher besonders reflektiert überlegt werden, in welchen Bereichen man auf diese Weise Systemen Verantwortung übertragen will – und wo man als Mensch Entscheidung und Handlung nicht aus der Hand gibt. Es gilt, die Abhängigkeitsfragen zu klären.

Obwohl die Welt aktuell dominiert zu werden scheint von digitalen Geräten, scheinen sich insbesondere die Mechanikerfahrungen für die Bildungsprozesse, die am Anfang von Technikbildung stehen, besonders zu eignen. U.a., weil es die Grundlagen des Alltags sind (z.B. die Türklinke, das Haustürschloss) und weil in der Mechanik i. d. R. alles sinnlich wahrnehmbar, zumindest sichtbar ist, und weil die Sich-Bildenden bereits mittels konkret-logischem Denken (ohne Bedarf an zu stark abstraktem Denken also) zu Schlüssen und Vorstellungen gelangen und auf diese Weise Problemlösekompetenz erfahren können. Zudem hat die Fachsprache der Mechanik ein sehr enges Verhältnis zur Muttersprache: Häufig in der Mechanik verwendete Wörter, wie z.B. drehen, schrauben, biegen, kurbeln, rechtsherum, linksherum, oben, unten sind gut verständlich und erleichtern den Aufbau innerer Vorstellungen, die für Verständnis von zentraler Bedeutung sind. Und selbst Wörter wie Zahnrad oder sogar Kegelrad, Hebel und Pumpe sind innerhalb der konkreten Erfahrung verständlich bzw. lassen sich im Gespräch gut bzw. für den Aufbau von Verständnis hinreichend klären.

Um verstehen zu können, ist es im Prinzip notwendig, die ganze Kette von heute bis zu den Anfängen zurückzuverfolgen – z.B. im Fall der digitalen Technik die Kette von der Software zur Hardware und von dort zu den grundlegenden Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten. Diese Ketten sind sehr lang und die Komplexität so groß, dass man nicht nur eine, sondern eine Vielzahl

von Ketten zurückverfolgen müsste. Man kann unmöglich alle Forscherleben nachholen, die nötig waren, um diese Ketten aufzubauen. Es ist schwer – oder, ehrlich gesagt, unmöglich – geworden, dies zu leisten. Man muss sich eingestehen, dass diese Situation besteht. Umso wichtiger ist, dass ein Bewusstsein da ist von dem, was man versteht und dem, was man nicht mehr versteht. Redet man einfach im Modus des Halbwissens etwas zu Funktionsweisen von Technik daher, hat man sich von einer solchen Bekennung zu möglichst weitgehender Autonomie bereits sehr stark losgesagt.

Problematisch wird es, wenn Menschen nur vorgeben, zu verstehen, aber in Wirklichkeit nur Unverstandenes reproduzieren – oder wenn sie nicht einmal mehr verstehen wollen. Schulische Bildung darf die Neugier von Kindern nicht beschädigen. Nicht richtig erscheint, was oft in der Realität beobachtbar ist, nämlich das »Füttern« von Kindern mit wissenschaftlichen Richtigkeiten. Man sollte nicht stolz darauf sein, wenn Kinder oberflächlich beigebrachtes Wissen auswendig und unverstanden nachplappern können. Der Anspruch muss sein, der Neugier der Kinder die »richtige Nahrung« zu geben.

Auch technische Bildung muss die Aufgabe ernst nehmen, Menschen dabei zu unterstützen, ihre Neugier nicht zu verlieren. Am besten geht das, wenn man Sich-Bildenden hilft, Erfahrungen mit technischem Erschließen zu sammeln. Dies geht, so scheint es, vor allem auf der Primarstufe, am besten anhand von Technikbeispielen, bei denen »kurzkettige«, vergleichsweise noch wenig komplexe Gegenstände bzw. Verfahren im Zentrum stehen. Hier kann ein sich bildender Mensch auf induktivem Weg erfahren, dass es möglich ist, Dinge durch Prozesse des Anschauens und Anfassens sowie Betätigens, des Beschreibens, Hinterfragens, Bedienens, Manipulierens etc. allmählich immer besser zu durchdringen. Dadurch wird Selbstwirksamkeit erfahrbar: Der Mensch erlebt Technik als etwas vom Menschen Erdachtes und Entwickeltes und damit grundsätzlich als etwas Verstehbares.

Literatur

- Ansari, S. (2009): Schule des Staunens: Lernen und Forschen mit Kindern. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-8274-2177-7>.
- Busch, H. & Ralle, B. (2013): Diagnostik und Förderung fachsprachlicher Kompetenzen im Chemieunterricht. In: M. Becker-Mrotzek, K. Schramm, E. Thür-

- mann & H. J. Vollmer (Hrsg.), *Sprache im Fach – Sprachlichkeit und fachliches Lernen*. Waxmann Verlag, Münster, 277–294.
- D-EDK – Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz (2014): Lehrplan 21: Fachbereichslehrplan Natur, Mensch, Gesellschaft. Luzern: D-EDK.
- Dewey, J. (1933): *How we think. A restatement of the relation of reflective thinking to the education process*. Lexington, Massachusetts: D. C. Heath and Company.
- DGTB – Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung e. V. (2018): Grundlagenpapier Nr. 1. Anliegen und Grundzüge Allgemeiner Technischer Bildung. Berlin, 2018. Online unter: https://dgtb.de/wp-content/uploads/2018/09/Grundsatzpapier-Nr_1_04-08-2018-final.pdf (11.02.2020).
- Duit, R. & Treagus, D. F. (1998): Learning in science – From behaviourism towards social constructivism and beyond. In: B. J. Fraser & K. Tobin (Hrsg.), *International handbook of Science Education*, Part 1. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 3–25. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4940-2_1.
- Einsiedler, W. (2015): *Geschichte der Grundschulpädagogik. Entwicklungen in Westdeutschland und in der DDR*. Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- GDSU – Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (2002/2013): *Perspektivrahmenplan Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Gervé, F. & Mayer, J. (2018): Handlungsorientierung in Doppeldeckern: Forschungsbasierte Seminarentwicklung und Demokratielernen im Planspiel. *Jahresband* 28, 191–198.
- Giel, K. (1968): Operationelles Denken und sprachliches Verstehen. *Sprache und Erziehung*, 7. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik, 1968, 121.
- Giest, H. (2018): Handlungsorientierung im Sachunterricht. In: U. Franz, H. Giest, A. Hartinger, A. Heinrich-Dönges & B. Reinthoffer (Hrsg.), *Handeln im Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, 17–24.
- Hartinger, A. (1997): *Interessenförderung: eine Studie zum Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Heck, U.; Weber, C. & Baumgartner, M. (2009): *Lernen in Erfahrungsräumen*. Baltmannsweiler: Schneider.
- Hempel, M. (2007): Diagnostik der kindlichen Lebenswelt als Voraussetzung zur Förderung des Kompetenzerwerbs der Lernenden. In: R. Lauterbach, A. Hartinger, B. Feige & D. Cech (Hrsg.), *Kompetenzerwerb im Sachunterricht fördern und erfassen*. GDSU Band 17. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Kruse, S. & Labudde P. (2017). Gedanken zur zukünftigen Ausrichtung der Technischen Bildung in der Schweiz. In: W. Bienhaus, Chr. Wiesmüller (Hrsg.), *20 Jahre DGTB Technische Bildung gestern-heute-morgen*. 18. Tagung des DGTB in Freiburg. Villingen: Neckar Verlag, 60–75.

- Liebig, S. (2012): Entdeckendes Lernen – ein Unterrichtsprinzip. In: S. Liebig (Hrsg.), *Entdeckendes Lernen – ein Unterrichtsprinzip*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, 1–15.
- Louv, R. (2008): *Last Child in the Woods. Saving Our Children from Nature-Deficit Disorder*. Chapel Hill: Algonquin Books.
- Roth, H. (1970): *Pädagogische Psychologie des Lehrens und Lernens*. 12. Auflage 1970. Hannover: Schroedel.
- Schmidkunz, H. & Lindemann, H. (1999): *Das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren. Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht*. Westarp Wissenschaften, Hohenwarsleben.
- Schönknecht, G. & Maier, P. (2012): *Diagnose und Förderung im Sachunterricht*. Kiel: IPN.
- Soostmeyer, M. (1998): *Zum Thema Wissenschaftspädagogik. Begründung für einen situations-, handlungs- und materialorientierten Unterricht in der Grundschule*. Frankfurt am Main: Lang.
- Soostmeyer, M. (2002): *Genetischer Sachunterricht – Unterrichtsbeispiele und Unterrichtsanalysen zum naturwissenschaftlichen Denken bei Kindern in konstruktivistischer Sicht*. Baltmannsweiler: Schneider.
- Spitzer, M. (2014): *Digitale Demenz. Wie wir uns und unsere Kinder um den Verstand bringen*. München: Verlag Droemer Knaur.
- Wagenschein, M. (1923/1996): *Über die Förderung der sprachlichen Ausdrucksfähigkeit durch den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht. Hausarbeit für die Staatsprüfung für das höhere Lehramt vorgelegt von Martin Wagenschein. April 1996 herausgegeben vom Martin-Wagenschein-Archiv an der Ecole d'Humanité, Hasliberg Goldern*.
- Wagenschein, M. (1999): *Verstehen lehren. Genetisch – Sokratisch – Exemplarisch*. Weinheim und Basel: Beltz.
- Weber, A. (2011): *Mehr Matsch! Kinder brauchen Natur*. Ullstein Verlag.

Autorin

Svantje Schumann, Prof. Dr.

Pädagogische Hochschule der Fachhochschule Nordwestschweiz

Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Erforschung von Bildungsprozessen im Bereich Sachlernen und Sachunterricht, Analyse von Interaktionen, Unterrichtsgespräche, Fallanalysen (audio- und videobasiert)

Hofackerstr. 30, 4132 Muttenz

svantje.schumann@fhnw.ch

www.fhnw.ch

Kapitel IV

Zum Verhältnis von Gender und Technik

Wege zu einer gendersensiblen Technischen Bildung

Anne-Françoise Gilbert

Abstract

Wie lässt sich der Schulunterricht in den MINT-Fächern und insbesondere im Bereich der Technischen Bildung gendersensibel gestalten? In diesem Beitrag werden Konzepte und Forschungsergebnisse aus den Gender-Studies und der Sozialpsychologie für die Schulpraxis im Feld der Technischen Bildung fruchtbar gemacht.

Das erste Kapitel widmet sich der Frage, wie das Verhältnis von Geschlecht und Technik konzeptualisiert werden soll. Dazu werden verschiedene theoretische Zugänge aus der Geschlechterforschung und den sogenannten *Science and Technology Studies* vorgestellt, die in den letzten Jahrzehnten die Debatte prägten.

Das zweite und dritte Kapitel beschäftigen sich mit sozialen Mechanismen, die in Lehr-/Lernsituationen zum Tragen kommen und die Ungleichheit zwischen den Geschlechtern reproduzieren. Dazu werden Ergebnisse der angelsächsischen sozialpsychologischen Forschung herangezogen, die sich zum einen auf die Wirkung von Geschlechterstereotype, zum anderen auf die Bedeutung von Mindsets im Kontext der MINT-Fächer beziehen.

Schliesslich werden im vierten Kapitel die verschiedenen Gedankenstränge zusammengeführt. Konkrete Strategien und mögliche Interventionen für eine gendersensible Gestaltung des Unterrichts im Bereich der Technischen Bildung werden vorgestellt sowie weiterführende Forschungsfragen skizziert.

1 Konzeptualisierungen von Gender und Technik

In der pädagogischen Diskussion wird Gender in der Regel als eine Heterogenitätsdimension unter anderen verstanden, die berücksichtigt werden muss, um den Unterricht mit Schülerinnen und Schülern möglichst inklusiv zu gestalten. Demgegenüber wird in diesem Beitrag eine soziologische Perspektive eingenommen und Gender als eine Dimension sozialer Ungleichheit begriffen. Über die Frage des Umgangs mit heterogenen Voraussetzungen hinaus soll

hier die grundsätzlichere Frage nach der Bedeutung von Technik im Verhältnis der Geschlechter aufgeworfen werden. Denn gerade für die Schulpraxis ist es von grosser Bedeutung, welche Rahmung des Problemzusammenhangs dem eigenen Handeln zugrunde gelegt wird.

Die Frage nach dem Verhältnis von Geschlecht und Technik beschäftigt die Forschung schon seit den 1970er Jahren.¹ Zunächst stellte sich ganz einfach die Frage, warum Frauen in technischen Ausbildungen und Berufen stark untervertreten sind. Insbesondere in der deutschsprachigen Diskussion lassen sich in dieser Phase für die Untervertretung von Frauen in der Technik zwei Erklärungsansätze unterscheiden (Paulitz, 2010). Im *Differenzmodell* werden grundsätzliche Unterschiede zwischen den Geschlechtern bezüglich Interesse für und Verständnis von Technik vorausgesetzt. Im *Defizitmodell* dagegen wird Frauen aufgrund geschlechtsspezifischer Sozialisation Technikdistanz unterstellt. Beide Ansätze gehen von Geschlecht als einem festen Begriff aus. Weder im einen noch im anderen Fall wird das Konzept von Technik selber problematisiert.

In den 1980er Jahren rückten die konkreten Erfahrungen von Frauen im Feld der Technik ins Zentrum des Interesses. Wer waren die Pionierinnen in technischen Berufen? Welche Erfahrungen machen Frauen im Beruf als Ingenieurinnen? Thematisiert wird der Status der Ausnahmefrau in einem männlich dominierten Bereich. Die Pionierinnen in technischen Berufen erfahren sich oft nicht als diskriminiert, müssen sich aber an männliche Berufskulturen anpassen, um von ihren Berufskollegen anerkannt zu werden. Dabei scheinen sich weibliche und berufliche Identität gegenseitig auszuschliessen. Auch diese Fragestellungen setzen einen festen Begriff von Geschlecht voraus. Mit den Erfahrungen von Frauen rücken in dieser Phase aber auch die technischen Berufsfelder selber ins Blickfeld.

Im Anschluss daran wurde ab den 1990er Jahren in der Forschung zu Geschlecht und Technik ein Wechsel der Perspektive vorgenommen. Neu ging es um die Frage, inwieweit die organisationalen Strukturen und historisch gewachsenen Kulturen in technischen Bereichen auf Frauen ausschliessend wirken. Dabei lassen sich zwei Erklärungsansätze unterscheiden. Der erste Ansatz knüpft an die Theorie der *Gendered Organization* (Acker, 1990) an und fragt nach den geschlechterbezogenen Vorannahmen, die in den Strukturen

1 Ich beschränke mich in diesem Beitrag auf einen groben Überblick. Eine ausführliche Darstellung findet sich bei Paulitz (2010).

von Organisationen eingelassen sind. Ein Beispiel sind insbesondere im Ingenieurberuf der Zwang zur Vollzeitbeschäftigung und die Erwartung an die uneingeschränkte Verfügbarkeit der Beschäftigten. Dies setzt einen männlichen Familiernährer voraus und schliesst Personen aus, die neben dem Beruf familiäre Verpflichtungen haben. Der zweite Ansatz knüpft an die Forschung zu Wissenschafts- und Fachkulturen an und befragt die meist impliziten Standards und informellen Alltagspraktiken der technischen Fachcommunities auf ihren vergeschlechtlichten Charakter hin. Ein Beispiel sind die in einigen technischen Communities üblichen Trinkrituale zur Initiation ins Fach (Mellström, 1995). Im Fokus dieser beiden Ansätze sind also die organisationalen Kontexte, die sozialen Strukturen und Praxen des Feldes und nicht mehr die Frauen. Nach wie vor wird Technik als solche jedoch nicht problematisiert.

Schliesslich wird im Anschluss an die angelsächsischen *Science and Technology Studies* die Denkbewegung noch einen Schritt weiter geführt: Ab den 2000er Jahren rückt das Verhältnis von Technik und Männlichkeit ins Zentrum des Interesses. Die neuen Fragen lauten nun: Welche Rolle spielt Technik für die Konstruktion männlicher Identität? Aber auch: Welche Rolle spielt Geschlecht bei der Konzeptualisierung von Technik? Was wird überhaupt als Technik begriffen und wie hängt dies mit Geschlecht zusammen? In den 1990er Jahren hatte sich in der Geschlechterforschung die Vorstellung durchgesetzt, dass Geschlecht nicht als fixe, gegebene Grösse verstanden werden kann, sondern vielmehr in sozialen Interaktionen konstruiert wird. Ebenso wurde in der Technikforschung die Vorstellung vertreten, dass Technik sozial konstruiert ist (MacKenzie & Wajcman, 1999 [1985]). Im Anschluss daran wurde in der angelsächsischen feministischen Technikforschung die These der Ko-Konstruktion von Geschlecht und Technik formuliert (Faulkner, 2000; Lohan & Faulkner, 2004). Diese These wurde auch im deutschsprachigen Raum aufgegriffen (Paulitz, 2007; Gilbert 2009). So zeigt Tanja Paulitz in einer historischen Studie, dass in den Fachdebatten der Ingenieure um 1900 vielfältige Konstruktionen von Männlichkeit im Ingenieurbereich miteinander konkurrieren (Paulitz, 2007). Technisches Wissen wird dabei als Moment sozialer Distinktion und konstitutives Element von Männlichkeit analysiert (siehe dazu auch Paulitz et al., 2015). Wendy Faulkner wiederum zeigt in ihren ethnographischen Studien auf, dass Ingenieurinnen und Ingenieure im beruflichen Alltag immer wieder das »Technische« vom »Sozialen« abgrenzen und auf diese Weise Geschlechtergrenzen herstellen, das heisst auch die Männlichkeit des Ingenieurberufes reproduzieren (Faulkner, 2007, 2009).

In der Entwicklung der theoretischen Ansätze zu Gender und Technik zeichnet sich in den letzten vier bis fünf Jahrzehnten also eine dreifache Verschiebung ab:

- von einer gleichstellungsorientierten Perspektive hin zu einer wissenschafts- und wissenssoziologischen Perspektive auf Geschlecht und Technik;
- vom Fokus auf die Frauen in der Technik hin zum Fokus auf die Distinktionspraktiken der Männer in der Technik;
- von einem fixen Verständnis von Geschlecht **und** von Technik zu einer Perspektive der interaktiven Konstruktion von Geschlecht und Technik.

Was bedeutet es nun für die Praxis der Technischen Bildung, wenn wir davon ausgehen, dass Geschlecht und Technik keine fest gegebenen Größen sind, sondern vielmehr in sozialen Interaktionen konstruiert werden? Zum einen folgt daraus die Anregung, die sozialen Interaktionen im Unterricht verstärkt in den Blick zu nehmen, und zwar sowohl die Interaktionen zwischen Lehrperson und Schülerinnen und Schülern als auch jene unter den Schülerinnen und Schülern. Zum anderen ist die Frage nach dem eigenen Technikverständnis aufgeworfen, das Lernzielen und Aufgabenstellungen zugrunde gelegt und den Schülerinnen und Schülern implizit und explizit vermittelt wird.

2 Geschlechterstereotype im MINT-Bereich

Die soziale Ungleichheit zwischen den Geschlechtern hat komplexe Ursachen und erweist sich als relativ beharrlich. Sie wird nicht zuletzt über den sozialen Mechanismus der Stereotypisierung immer wieder reproduziert. In alltäglichen sozialen Interaktionen spielen Stereotype über die Geschlechter eine zentrale Rolle. Darunter sind sozial geteilte Vorstellungen über charakteristische Merkmale der Geschlechter zu verstehen (Eckes, 2010). Diese beinhalten zum einen deskriptive Anteile, also Annahmen über typische Eigenschaften der Geschlechter, zum anderen aber auch präskriptive Anteile, also Annahmen darüber, wie Frauen und Männer zu sein haben oder sich zu verhalten haben (ebd.: 78). Mit dem Begriff »Gender-Bias« wird die unbewusste, systematische Verzerrung der Wahrnehmung von Situationen aufgrund von geschlechterstereotypen Annahmen bezeichnet.

2.1 Stereotype – zwei Wirkungsmechanismen

Welche Rolle spielen nun Geschlechterstereotype und Gender-Bias in Lehr-/Lernsituationen? In der Forschung zu Stereotypen lassen sich zwei Wirkungsmechanismen nachweisen, die insbesondere im Lehr-/Lernumfeld zum Tragen kommen können.

(1) Zunächst haben Stereotype einen Effekt auf unsere Wahrnehmung, Beurteilung und Bewertung anderer Menschen, ihres Verhaltens oder ihrer Leistungen. Dieser Aspekt kommt insbesondere dann zum Tragen, wenn Personen in einer relativen Machtposition andere beurteilen, fördern oder über ihre weitere Schul-, bzw. Berufslaufbahn entscheiden müssen. Dieselbe Leistung wird dabei unterschiedlich bewertet, je nachdem ob sie von einem Mann oder einer Frau erbracht wird. Dieser Befund wird am Beispiel von zwei Studien illustriert.

Eine Gruppe von Forschenden testete einen möglichen Gender-Bias von Professorinnen und Professoren an naturwissenschaftlichen Fakultäten in US-Universitäten und legte ihnen den Lebenslauf für eine zu besetzende Stelle als Laborleitung vor (Moss-Racusin et al., 2012). Das Ergebnis der Studie: Ein und derselbe Lebenslauf wurde unterschiedlich beurteilt, je nachdem ob er mit einem männlichen oder weiblichen Namen versehen war. Der Bias betraf die Einschätzung des wissenschaftlichen Potenzials der Person sowie die Bereitschaft, die Person anzustellen und sie zu fördern. Auch das Lohnangebot an die Bewerberinnen war geringer als jenes an die Bewerber. Dabei unterschieden sich Professorinnen und Professoren bezüglich Gender-Bias nicht.

Eine Studie aus der Schweiz wiederum untersuchte die Wirkung des Geschlechter-Bias bei der Benotung von Aufgaben durch Physiklehrende in der Sekundarschule (Hofer, 2015). Auch in diesem Fall wurde den Lehrpersonen ein und dieselbe Schüler*innen-Lösung einer Mechanikaufgabe vorgelegt, entweder mit einem weiblichen oder mit einem männlichen Namen versehen. Die Ergebnisse für die Schweiz zeigen, dass Mädchen bei gleicher Leistung schlechter benotet werden von Lehrpersonen, die in der ersten Phase ihrer Lehrtätigkeit stehen. Der Bias verschwindet aber bei Lehrpersonen mit mindestens zehn Jahren Erfahrung.²

2 Derselbe Befund gilt für Österreich und für Physiklehrerinnen in Deutschland. Einzig die Physiklehrer in Deutschland zeigten keinen Gender-Bias, auch nicht in der ersten Karrierephase.

(2) Stereotype beeinflussen aber nicht nur unsere Wahrnehmung von anderen Personen, sie haben auch einen Effekt auf die von Stereotypen positiv oder negativ betroffenen Personengruppen. Bezüglich Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft oder Technik besteht ein spezifisches Geschlechterstereotyp, wonach weibliche Personen in diesen Bereichen weniger begabt seien als männliche. Wie eine sich selbst erfüllende Prophezeiung kann sich dieses Stereotyp nun auch auf die effektiven Leistungen von Schülerinnen und Schülern auswirken. Auch dieser Effekt wird im Folgenden mit zwei Beispielen illustriert.

In einer frühen Studie suchten Eccles & Jacobs nach den Faktoren, welche die unterschiedlichen Leistungen von Mädchen und Jungen im Schulfach Mathematik am besten erklären (Eccles & Jacobs, 1986). Es waren die geschlechtsspezifischen Erwartungen von Eltern an ihre Kinder, die am stärksten zur Erklärung dieser Leistungsunterschiede beitrugen. Insbesondere wenn die Mutter die Vorstellung hatte, dass Mädchen in Mathematik weniger gut sind als Jungen oder dass es für Mädchen weniger wichtig ist, in Mathematik gut zu sein, waren die Leistungen der Tochter in diesem Fach auch tatsächlich schwächer.

In einer experimentellen Studie wiederum untersuchten Smith & White die Wirkung von Geschlechterstereotypen auf die Leistungen von Studentinnen (Smith & White, 2002). Zwei Gruppen von Studentinnen hatten einen Test in Mathematik durchzuführen, wobei in der ersten Gruppe das negative Stereotyp zu Geschlecht und Mathematik explizit aktiviert wurde, während in der zweiten Gruppe dieses Stereotyp explizit für null und nichtig erklärt wurde. Die Studentinnen der ersten Gruppe schnitten im Text signifikant schlechter ab als jene der zweiten Gruppe. Interessant ist, dass in einer dritten Gruppe, wo der Mathematik-Test ohne jede Intervention durchgeführt wurde, die Studentinnen ähnlich schlecht abschnitten wie in der ersten Gruppe. Das verweist auf die implizite Aktivierung des Stereotyps nur aufgrund der Tatsache, dass Studentinnen einen Mathematik-Test durchführen sollen. Diese Studie zeigt zwar, dass Stereotype einen Effekt auf die Leistung der vom Stereotyp negativ betroffenen Gruppe haben. Sie zeigt aber auch, dass es möglich ist, diesen negativen Effekt von Stereotypen durch gezielte Interventionen aufzuheben. Auf diese Zusammenhänge wird im nächsten Abschnitt ausführlich eingegangen.

2.2 Aktivierung und Neutralisierung von Stereotypen

Der Begriff *Stereotype Threat* wurde von Steele & Aronson geprägt und bezeichnet die Stresssituation, der eine von einem negativen Stereotyp betroffene soziale Gruppe ausgesetzt ist (Steele & Aronson, 1995).³ Dieser Stress wird ausgelöst, wenn die Gruppenidentität salient wird. Die Situation schürt die Angst der Betroffenen, das negative Stereotyp zu bestätigen, und setzt sie unter Druck, das Stereotyp zu widerlegen. Dabei geraten sie in einen inneren Konflikt zwischen der Identifikation mit ihrer sozialen Gruppe und der fachlichen Identifikation. Im Gegenzug erfährt die von einem Stereotyp positiv betroffene Gruppe einen *Stereotype Lift*, das heisst sie profitiert von einer Leistungssteigerung, weil sie sich von der stereotypisierten Gruppe positiv abgrenzen kann (Walton & Cohen, 2003). Gruppenidentifikation und fachliche Identifikation verstärken sich hier gegenseitig.

Der Effekt des *Stereotype Threat* auf die Leistungen von Frauen in Mathematik ist vielfach nachgewiesen. So schneiden Frauen gemäss der Studie von Spencer, Steele & Quinn in schwierigen Mathematik-Tests unter Bedingungen von *Stereotype Threat* schlechter ab als Männer, nicht aber bei leichten Mathematik-Tests (Spencer et al., 1999). Es braucht also einen gewissen Grad der Herausforderung, damit der Effekt ausgelöst wird. Der Wirkungsmechanismus selber ist nicht restlos geklärt. Folgende sozialpsychologische Faktoren sind in der Forschung nachgewiesen (Stroessner & Good, 2011): negative Emotionen wie Angst oder Besorgnis; geringere Erwartungen an die eigene Leistung; weniger Selbstvertrauen; reduzierte Motivation und Engagement; geringere Anstrengung; niedrigere Selbstkontrolle und Selbstwirksamkeit. Nachgewiesen sind auch erhöhter Stresszustand und physiologische Stressreaktionen; die Reduktion der kognitiven Ressourcen, insbesondere der Kapazität des Arbeitsgedächtnisses sowie geringere Flexibilität und Kreativität (ebd.).

Im Folgenden werden ausgewählte Studien vorgestellt, die sich auf den Kontext von Geschlecht und Mathematik beziehen. Daran lassen sich die Wirkungsmechanismen von Geschlechterstereotypen in Lehr-/Lernsituationen exemplarisch aufzeigen, die auch für den Bereich der Technischen Bildung relevant sind. Denn ebenso wie Mathematik ist technisches Wissen und Können

3 Die Studie untersucht den Effekt des Stereotyps der geringeren intellektuellen Leistungsfähigkeit, dem Afro-Amerikaner*innen ausgesetzt sind, auf die Leistungsunterschiede zwischen Schwarzen und Weissen Studierenden an einer US-Hochschule.

in unserer Gesellschaft männlich codiert und gilt als schwierig. Mathematische Fähigkeiten und technische Kompetenzen können entsprechend als männliches Distinktionsmerkmal fungieren, sie verkörpern dabei aber durchaus verschiedene Typen von Männlichkeit.

Das erste Beispiel untersucht, unter welchen Bedingungen Frauen und Männer einen schwierigen Mathematik-Test als Herausforderung oder aber als Bedrohung erleben (Vick et al., 2008). Den Teilnehmenden wurde der Test entweder als »gender-biased« oder als »gender-fair« vorgestellt und während des Tests wurde ihre Herz-Kreislauf-Aktivität gemessen. Die Frauen unter Bias-Bedingungen reagierten mit einem psycho-physiologischen Muster der Bedrohung auf die Situation, während Frauen, die den Test unter fairen Bedingungen durchführten, ein psycho-physiologisches Muster der Herausforderung zeigten. Bemerkenswert ist, dass die Männer in der Studie genau das gegenteilige Muster aufwiesen. Sie reagierten auf Bias-Bedingungen mit dem psycho-physiologischen Muster der Herausforderung, während die Gruppe, die den Test unter fairen Bedingungen durchführte, darauf mit dem Muster der Bedrohung reagierte. Die konträren Reaktionsmuster von Frauen und Männern in dieser Studie verweisen einerseits darauf, dass diese Muster sozial konstruiert und interdependent sind. Andererseits verdeutlichen sie das kompetitive Moment im Verhältnis zwischen den Geschlechtern und die Relevanz der Überlegenheit in Mathematik für das männliche Selbstverständnis.

Mit dem zweiten Beispiel lässt sich ein weiterer Mechanismus verdeutlichen: die Bedeutung der eigenen impliziten Geschlechterstereotype bei Frauen für die Anfälligkeit auf *Stereotyp Threat* (Franceschini et al., 2014). Gemäss den Ergebnissen dieser Studie waren Studentinnen eines Einführungskurses in Statistik anfällig auf *Stereotyp Threat* und *Stereotyp Lift*, wenn sie das Geschlechterstereotyp zu Mathematik implizit teilten. Wenn das Stereotyp explizit bestätigt wurde, zeigten diese Frauen sowohl schwächere Leistungen als auch eine geringere Selbstwirksamkeit bezüglich Mathematik. Leistung und Selbstwirksamkeit verbesserten sich aber, wenn dem Stereotyp explizit entgegengetreten wurde. Studentinnen mit einem schwachen impliziten Stereotyp sprachen demgegenüber nicht auf die Manipulation der Testbedingungen an. Diese Ergebnisse verweisen also darauf, dass eigene unbewusste Geschlechterstereotype von Schülerinnen und Schülern zu Mathematik durchaus einen Einfluss auf ihre Leistung in diesem Fach und auf ihre diesbezüglichen Selbstwirksamkeitsüberzeugungen haben können. Wie bereits andere Studien macht auch diese Studie zudem deutlich, dass die negativen Effekte des Ge-

schlechterstereotyps durch die explizite Nichtig-Erklärung (*Nullifying*) aufgehoben werden können. Dieser Aspekt wird im Zusammenhang mit Strategien einer gendersensiblen Technischen Bildung in Kapitel 4 wieder aufgegriffen.

Im dritten Beispiel schliesslich geht es um die Frage, inwieweit bereits Kinder der Geschlechterstereotype internalisiert haben und wie sie darauf reagieren. Ambady et al. untersuchen dies am Beispiel von Asiatisch-Amerikanischen Kindern (Ambady et al., 2001).⁴ Ihre Studie zeigt, dass sich die Aktivierung der Geschlechtsidentität, entgegen den Erwartungen, bereits im Alter von fünf bis sieben Jahren negativ auf die Leistungen von Mädchen in Mathematik auswirkt und positiv auf jene von Knaben. Wie erwartet reagierten Kinder im Alter von elf bis dreizehn Jahren auf die Aktivierung ihrer Geschlechtsidentität nach demselben Muster wie Erwachsene. In diesem Alter etabliert sich die Vorstellung von Mathematik als männlich codiertem Bereich, was sich später noch verstärkt. Dagegen führte die Aktivierung der Geschlechtsidentität bei den Kindern im Alter von acht bis zehn Jahren interessanterweise sowohl bei Mädchen als auch bei Knaben zu besseren Leistungen in Mathematik. Die Autor*innen erklären dies mit dem bekannten Befund, dass Mädchen wie Knaben in diesem Alter von der Überlegenheit des eigenen Geschlechts überzeugt sind. Diese Ergebnisse zeigen, dass Geschlechterstereotype schon sehr früh ihre Wirkung entfalten. Sie zeigen aber auch, dass die Aktivierung von alternativen, positiv konnotierten Identitäten, hier der ethnischen Identität, Mädchen vor den negativen Wirkungen des Geschlechterstereotyps schützen kann. Diesen Zusammenhang machen sich Interventionen zunutze, die im Kapitel 4 unter dem Stichwort *Self- oder Values Affirmation* vorgestellt werden.

3 Die Bedeutung von Mindsets

Im Kontext der Technischen Bildung entfalten nicht nur Stereotype zu Geschlecht und Mathematik oder Technik ihre Wirkung auf die schulischen Leistungen. Von grosser Bedeutung sind auch die sogenannten *Mindsets* von

4 Untersucht werden das Geschlechterstereotyp («Jungen sind besser in Mathematik als Mädchen») und das ethnische Stereotyp («Asiat*innen sind besser in Mathematik als andere ethnische Gruppen»). In einer früheren Studie hatten Asiatisch-Amerikanische Frauen in einem Mathematik-Test schlechter abgeschnitten, wenn ihre Geschlechtsidentität aktiviert war, hingegen besser abgeschnitten, wenn ihre ethnische Zugehörigkeit aktiviert war (jeweils im Vergleich zur Kontrollgruppe) (Shih et al., 1999).

Lehrpersonen und von Schülerinnen und Schülern. Geprägt wurde der Begriff von der Psychologin Carol Dweck im Kontext ihrer Forschung zur Bedeutung von impliziten Theorien für Motivation und Persönlichkeit (Dweck & Leggett, 1988). Dweck stellte zwei Arten von impliziten Theorien (unbewussten Vorannahmen) über menschliche Eigenschaften fest. Personen mit *Fixed Mindset* nehmen an, dass menschliche Fähigkeiten und Eigenschaften ein für alle Mal festgelegt und demnach unveränderlich sind (*Entity Theory*). Personen mit *Growth Mindset* gehen davon aus, dass menschliche Fähigkeiten und Eigenschaften formbar und veränderbar sind (*Incremental Theory*). Es ist offensichtlich, dass im Lehr-/Lernkontext implizite Theorien zu intellektuellen Fähigkeiten besonders relevant und wirksam sind.

3.1 Die Mindsets von Schülerinnen und Schülern

Gemäss dem Ansatz von Dweck haben die impliziten Theorien von Schülerinnen und Schülern bezüglich ihrer intellektuellen Fähigkeiten weitreichende Auswirkungen auf ihre schulischen Ziele und ihre Lernstrategien. In Tabelle 1 sind die Ausprägungen der verschiedenen *Mindsets* von Lernenden einander gegenübergestellt.

Für die erste Gruppe (Lernende mit *Fixed Mindset*) steht weniger der Lernprozess als das Demonstrieren ihrer Fähigkeiten im Vordergrund. Schulische Rückschläge schreiben sie ihren fehlenden Fähigkeiten zu und entsprechend betrachten sie es als zwecklos, sich mehr anzustrengen. Dagegen liegt in der Anstrengung für die zweite Gruppe (Lernende mit *Growth Mindset*) gerade ein Schlüssel zum Erfolg. Diese Lernenden wollen ihre Fähigkeiten vergrössern und begegnen Rückschlägen mit vermehrter Anstrengung oder neuen Lernstrategien. Lernende der ersten Gruppe dagegen reagieren auf Rückschläge mit Rückzug oder Aufgeben.

Nun zeigen verschiedene Studien, dass sich die implizite Theorie – das *Mindset* – von Schülerinnen und Schülern auf ihre effektiven Leistungen auswirken, insbesondere im Fach Mathematik. Dies wird hier am Beispiel einer Längsschnittstudie mit Jugendlichen einer *Junior High School* (USA) im Alter von elf bis dreizehn Jahren illustriert. Die Mathematikleistungen der Jugendlichen mit *Growth Mindset* oder *Fixed Mindset* unterschieden sich zu Beginn der Studie nicht signifikant. Im Verlauf von zwei Jahren jedoch entwickelten sich die Leistungen dieser beiden Gruppen signifikant auseinander und zwar zugunsten der Gruppe mit *Growth Mindset* (Blackwell et al., 2007).

Tab. 1: Ausprägungen der Mindsets von Lernenden (nach Blackwell, Trzesniewski & Dweck, 2007).

Ausprägung bei Lernenden	<i>Fixed Mindset</i>	<i>Growth Mindset</i>
Ziele	Sie wollen möglichst klug erscheinen (»document their ability«)	Sie wollen lernen (»increase their ability«)
Interpretation von Aufwand/ Anstrengung	sind zwecklos, da die Aufgabe zu schwierig/ die Fähigkeit zu gering	sind der Schlüssel zum Erfolg
Attribuierung von Rückschlägen	bestätigen geringe oder fehlende Fähigkeiten	verweisen auf zu wenig Anstrengung/ die falsche Lernstrategie
Lernstrategien bei Rückschlägen	Aufgeben, Rückzug, Schummeln, Beibehalten der Lernstrategie	grössere Anstrengung/ neue Lernstrategie

Die impliziten Theorien von Lernenden lassen sich durch entsprechende Interventionen aber auch beeinflussen. Dies ist in Kontexten, wo Stereotype wirksam sind, von besonderer Bedeutung. In einer wegweisenden Studie wurde die Wirkung einer solchen Intervention bei Afro-Amerikanischen und Weissen College Studierenden aufgezeigt (Aronson et al., 2002). Eine Gruppe von Studierenden erhielt wissenschaftliche Informationen über die Funktionsweise und Plastizität des Gehirns und die Bildung von neuen neuronalen Verbindungen beim Lernen. Anschliessend wurden die Teilnehmenden dieser Gruppe aufgefordert, einen Brief an jüngere Studierende zu schreiben, um ihnen eben diesen Zusammenhang zu erklären. Die Afro-Amerikanischen Studierenden (und zum Teil auch die Weissen Studierenden), die darin bestärkt worden waren, Intelligenz als formbar zu betrachten, zeigten in der Folge mehr Freude am Lernprozess, höheres Engagement und signifikant bessere Leistungen als die Studierenden der beiden Kontrollgruppen. Mit dieser Intervention konnte also zum einen das Mindset von Studierenden beeinflusst werden hin zur Vorstellung, dass das Gehirn gleichsam trainiert werden kann und die intellektuellen Fähigkeiten ausbaubar sind. Zum andern bestätigte sich die Hypothese der Autor*innen, dass durch eine auf das *Mindset* bezogene Intervention eine Gruppe (hier die Afro-Amerikanischen Studierenden) vor den negativen Effekten des *Stereotyp Threat* geschützt werden konnte.

3.2 Die Mindsets von Lehrpersonen

Auch die impliziten Theorien von Dozierenden haben einen Einfluss auf die Motivation und die Leistungen von Lernenden. Eine Studie aus dem US-amerikanischen Kontext untersuchte über den Zeitraum von zwei Jahren den Effekt der Mindsets aller MINT-Dozierenden einer Universität auf die Leistungen ihrer Studierenden (Canning et al., 2019). In den Lehrveranstaltungen von MINT-Dozierenden, die davon überzeugt waren, dass Intelligenz kaum veränderbar ist (*Fixed Mindset*), erbrachten alle Studierenden eine schwächere Leistung, aber die Differenz zwischen der Leistung von Studierenden aus ethnischen Minderheiten und jener Weisser und Asiatischer Studierenden war hier zweimal so gross wie in den Lehrveranstaltungen von MINT-Dozierenden mit *Growth Mindset*. Darüber hinaus fühlten sich die Studierenden in den Lehrveranstaltungen von MINT-Dozierenden mit *Fixed Mindset* weniger motiviert und machten mehr negative Erfahrungen als Studierende in den Lehrveranstaltungen von MINT-Dozierenden mit *Growth Mindset*. Die Mindsets der Dozierenden beeinflussten Motivation und Leistung ihrer Studierenden stärker als jedes andere Merkmal der Dozierenden (Geschlecht, Alter, Lehrerfahrung, Ethnizität oder Status).

Die Ergebnisse dieser Studie sind in verschiedener Hinsicht bemerkenswert. (1) Dozierende, die von der Entwicklungsfähigkeit ihrer Studierenden überzeugt sind, fördern deren Motivation, deren Engagement und deren Leistung, wohl nicht zuletzt durch die didaktischen Mittel, die sie in ihrer Lehre einsetzen. Sie schaffen also eine offene und inklusive Lernkultur. (2) Die Studierenden nehmen die Mindsets ihrer Dozierenden sehr wohl wahr und erleben die darin implizierten Aussagen als fördernd oder aber als entmutigend. (3) Schliesslich wird deutlich, dass ein *Fixed Mindset* im Klassenraum Stereotype über intellektuelle Fähigkeiten aktiviert, mit allen negativen Effekten, die das nach sich zieht.

Tatsächlich spielen implizite Theorien im Prozess der Stereotypisierung eine entscheidende Rolle. Je mehr eine Person eine fixe Vorstellung von Intelligenz vertritt, desto stärker ihre Tendenz zur Stereotypisierung und desto eher wird sie stereotype Charakteristiken einer sozialen Gruppe auf angeborene Eigenschaften zurückführen. Umgekehrt lässt sich der Grad der Stereotypisierung von Untersuchungspersonen durch die Manipulation der impliziten Theorien beeinflussen (Levy et al., 1988).

Dieser Zusammenhang zwischen impliziten Theorien und Stereotypisierung ist im Kontext von Geschlecht und MINT von besonderem Interesse.

Im Umgang mit den hartnäckigen Geschlechterstereotypen im MINT-Bereich könnte das aktive Vertreten eines *Growth Mindset* demnach ein entscheidender Hebel sein. Wenn also Lehrpersonen technisches, informatisches, naturwissenschaftliches oder mathematisches Wissen und Können als lern- und entwickelbar begreifen und mit ihren Schülerinnen und Schülern entsprechend kommunizieren, schaffen sie eine Lernumgebung, die das Entwicklungspotenzial von Mädchen fördert und sie vor den negativen Wirkungen von Geschlechterstereotypen schützen kann.⁵

4 Gendersensible Technische Bildung – Strategien

Welche Wege führen also zu einer gendersensiblen Technischen Bildung? Welche Aspekte müssen für die gendersensible Gestaltung des technischen Unterrichts berücksichtigt werden? In diesem letzten Kapitel werden entlang von vier zentralen Ansatzpunkten entsprechende Strategien skizziert und auf offene Forschungsfragen verwiesen.

Der *erste* zentrale Ansatzpunkt für Gendersensibilität ist die Selbstreflexion der eigenen Haltungen und impliziten Theorien als Lehrperson. Wir sollten uns daran erinnern, dass weder Geschlecht, noch Technik, noch Intelligenz feste, unveränderliche Grössen sind, vielmehr werden sie in sozialen Interaktionen (ko)konstruiert und erweisen sich als entsprechend wandelbar. Gerade Lehrpersonen müssen sich bewusst sein, dass sie mit ihren eigenen Einstellungen zu Geschlecht, mit ihren Vorstellungen von Technik und ihren impliziten Theorien zu Intelligenz einen grossen Einfluss auf die Motivation, die Leistungen und das Selbstverständnis ihrer Schülerinnen und Schüler ausüben. Es ist also entscheidend, das eigene Geschlechterkonzept auf mögliche Stereotype oder Bias hin zu befragen, den eigenen Technikbegriff im Hinblick auf seine Breite zu reflektieren und sich die Frage nach den eigenen Vorannahmen bezüglich Formbarkeit von intellektuellen Fähigkeiten zu stellen. Dazu können sich Lehrpersonen möglichst konkrete Kommunikationssituationen aus ihrer Praxis vor Augen führen und sich fragen, wann und wie die eigenen Vorstellungen von Geschlecht, Technik oder Intelligenz zum Tragen kommen. Da es sich dabei sehr oft um unbewusste Aspekte handelt, ist der Blick von aussen

5 Dieser Zusammenhang wird durch eine Längsschnitt-Studie mit Mathematik-Studierenden an einer US-amerikanischen Elite-Universität klar aufgezeigt (Good et al., 2012).

manchmal unabdingbar und es kann sich lohnen, Formate wie die kollegiale Beobachtung zu erproben. Entsprechende Prozesse der Sensibilisierung können aber auch auf der Ebene des gesamten Fachkollegiums initiiert werden, um eine offene und inklusive Lehr-/Lernkultur zu etablieren und zu fördern.⁶

Der *zweite* zentrale Ansatzpunkt für gendergerechte Technische Bildung ist die gendersensible Steuerung von Interaktionen im Klassenraum. Damit werden zwei Ziele verfolgt: Zum einen soll die Inszenierung und Reproduktion von Stereotypen zu Gender und Technik im Lernkontext vermieden werden. Zum anderen sollen alle Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit haben, an technischen Artefakten hands-on Erfahrungen zu sammeln und technische Kompetenzen aufzubauen. Die Strategien, um diese Ziele zu erreichen, variieren je nach didaktischem Setting. Hier soll das Beispiel der Arbeit in Gruppen illustriert werden. Um sicherzustellen, dass alle gleichermassen am Lernprozess beteiligt sind, kann die Lehrperson die Zusammensetzung der Lerngruppen steuern und Vorgaben für die Organisation der Gruppenarbeit machen, zum Beispiel Arbeitsrollen definieren und die Rotation dieser Rollen vorgeben. Um Unterschiede in den Vorerfahrungen auszugleichen, kann es hilfreich sein, im Vorfeld gezielte Unterstützung und Entlastung zu geben. In jedem Fall ist es sinnvoll, die angestrebten Lernziele gegenüber den Schülerinnen und Schülern zu explizieren, sodass das Vorgehen für alle verbindlich und nachvollziehbar ist. Hervorzuheben ist, dass die genannten Strategien eingesetzt werden können, ohne sich dabei explizit auf Geschlecht zu beziehen, also ohne Geschlecht salient zu machen und damit eventuell Geschlechterstereotype zu aktivieren. Dieses didaktische Vorgehen haben wir anderswo als *impliziten Ansatz* bezeichnet (Dehler & Gilbert, 2010). Eine weitere didaktische Möglichkeit besteht in der Trennung der Lerngruppen nach Geschlecht, wobei die jeweiligen Lernerfahrungen im Anschluss daran mit den Schüler*innen zu reflektieren sind. Dieses Vorgehen entspricht dem *expliziten Ansatz*. In diesem Fall wird die Aktivierung von Geschlecht in Kauf genommen, um geschlechtsspezifisches Verhalten reflektieren und abbauen zu können sowie die Erweiterung des Verhaltensrepertoires zu fördern.⁷

6 Als Instrument zur Sensibilisierung ist das Online-Tool »Geschlechtergerechte Hochschul-lehre« zu empfehlen. Damit können Dozierende ihre eigene Lehrpraxis aus der Gender-Perspektive evaluieren und Kompetenzen im Bereich Gender und Lehre aufbauen (URL: unifr.ch/go/equal).

7 Eine ausführliche Diskussion der beiden Ansätze an einem konkreten Unterrichtsbeispiel findet sich in Gilbert (2020).

Der *dritte* zentrale Ansatzpunkt für eine gendergerechte Technische Bildung betrifft die Förderung positiver Mindsets bei Schülerinnen und Schülern. Damit soll zum einen die Anfälligkeit von Mädchen auf die negative Wirkung von Geschlechterstereotypen (*Stereotype Threat*) reduziert werden. Zum andern soll bei allen Schülerinnen und Schülern ein lernförderliches *Growth Mindset* unterstützt werden. In der Literatur sind dazu verschiedene Strategien empirisch belegt. Erste einfache Massnahmen bestehen darin, die Lernumgebung frei von Signalen zu halten, die Stereotype aktivieren könnten, beispielsweise Bilder, die suggerieren, dass Technik eine Sache für Jungen und Männer ist. Hingegen können Geschichten von Frauen, die in Wissenschaft und Technik erfolgreich waren oder sind, auf selbstverständliche Weise eingeflochten und ihre Leistungen sichtbar gemacht werden.

Wir haben gesehen, dass Geschlechterstereotype in experimentellen Settings durch gezielte Interventionen erfolgreich neutralisiert werden konnten, indem sie explizit für null und nichtig erklärt wurden (Smith & White, 2002; Franceschini et al., 2014) oder dadurch, dass eine andere, positiv besetzte Identität aktiviert wurde (Ambady et al., 2001). In verschiedenen Studien wurden zudem Interventionen mit *Self-* oder *Values Affirmation* erfolgreich erprobt. Dabei hatten Lernende die Möglichkeit, zu Beginn eines Physik-Kurses oder im Vorfeld einer Mathematik-Aufgabe sich selber und ihre Werte zu bekräftigen (Martens et al., 2006; Miyake et al., 2010). Die Stärkung der eigenen Selbstwirksamkeit über die Aktivierung eines für die Person positiv besetzten Bereiches schützt Frauen vor den negativen Wirkungen des Geschlechterstereotyps im MINT-Bereich. Um die erwünschte Wirkung zu entfalten, müssen solche Interventionen allerdings sorgfältig geplant werden.

Vielversprechend ist sodann das Vertreten eines *Growth Mindset* durch die Lehrpersonen bis hin zum expliziten Thematisieren der Entwicklungs- und Lernfähigkeit des Gehirns (Aronson et al., 2002). Auch in diesem Bereich sind gezielte Interventionen möglich, gegebenenfalls im Gespräch mit einzelnen Schüler*innen, vor allem aber auch im Klassenverband. So könnte eine entsprechende Intervention zur Förderung eines *Growth Mindset* bei den Schülerinnen und Schülern zu Beginn eines Kurses durchgeführt und im Verlauf des Jahres immer wieder aufgegriffen werden. Der Vorteil dieser Intervention ist, dass die Trainierbarkeit intellektueller Fähigkeiten thematisiert wird, aber die Geschlechterthematik implizit bleiben kann.

Schliesslich sind die in einem Feedback an Schülerinnen und Schüler implizierten *Fixed* oder *Growth Mindsets* von Bedeutung. So werden die in

einem tröstenden Feedback implizierten tieferen Erwartungen der Lehrperson als solche wahrgenommen und wirken demotivierend (Rattan, Good & Dweck 2012). Demgegenüber reagieren Studierende positiv auf ein kritisches Feedback, wenn es mit dem Anspruch auf hohe Standards verbunden ist *und* mit der Zusicherung, die Person sei fähig, diese hohen Standards zu erfüllen (Cohen, Steele & Ross 1999).

Der *vierte* zentrale Ansatzpunkt für eine gendergerechte Technische Bildung bezieht sich auf die Konzeption von Technik. Die Schüler*innen sollen ein breites, konstruktivistisch informiertes Konzept von Technik kennenlernen und erfahren. Sie sollen begreifen, dass Technik sehr verschiedene und vielfältige Bereiche umfasst und immer an soziale Kontexte gebunden ist.

Dieser Punkt betrifft die Schulpraxis im MINT-Bereich, weist aber gleichzeitig darüber hinaus. Dabei ist insbesondere an außerschulische Lernorte wie Technik- oder Wissenschaftsmuseen zu denken, die oft mit Schulklassen besucht werden. In diesem Kontext dominieren meist die klassischen Narrative der Wissenschafts- und Technikgeschichte, die den Mythos des einsamen genialen männlichen Erfinders pflegen.⁸ Diese Narrative sind zu hinterfragen. Zum einen sind die historischen wie auch die aktuellen Beiträge von Wissenschaftlerinnen, Ingenieurinnen oder Gestalterinnen selbstverständlich sichtbar zu machen. Zum anderen sind die historischen und sozialen Kontexte zu beleuchten, in denen wissenschaftliche Erkenntnisse und Technologien entstanden sind. Welche Probleme stellten sich in einem spezifischen historischen Kontext, die zur Entwicklung von neuen technischen Lösungen führten? Welche sozialen Gruppen und Personen waren an der Suche nach Lösungen beteiligt? Welche Lösungswege, bzw. Technologien setzten sich historisch durch?⁹

Zudem ist auch das damit einhergehende Bild der naturwissenschaftlich-technischen Berufe mit den Schüler*innen zu hinterfragen. Eigene Recherchen und direkte Kontakte mit Wissenschaftler*innen oder Ingenieur*innen können dazu beitragen, ein realitätsnäheres, lebendigeres und vielfältigeres Bild der MINT-Berufe zu gewinnen. So ist die Tätigkeit in diesen Bereichen in hohem Masse von Kooperation im Team geprägt und keineswegs eine einsame Angelegenheit. Ebenso könnte das explorative Vorgehen mitsamt den

8 In Bernardis 2013 werden die Ergebnisse einer Genderanalyse des Pariser Museums *Cité des Sciences* wiedergegeben, an der die Autorin beteiligt war.

9 Vgl. dazu die Beiträge in MacKenzie & Wajcman, 1999. Solche Fragestellungen können selbstverständlich auch auf gegenwärtige Probleme bezogen werden.

dazugehörigen Rückschlüssen betont, aber auch im Unterricht – im Sinne des forschenden Lernens – praktiziert und reflektiert werden. So wird nicht nur das Bild von Naturwissenschaft und Technik erweitert, sondern auch das Verständnis und Interesse der Schüler*innen dafür geweckt.

Dieser erste Versuch, Strategien einer gendersensiblen Technischen Bildung zu skizzieren, soll durch einen Blick auf weiterführende Forschungsfragen abgeschlossen werden. Ein erstes Desiderat bezieht sich auf die systematische Integration der Genderdimension in Forschung und Entwicklung zu Lehr-/Lernsettings im Kontext von MINT. So sollten Unterschiede in den erhobenen Prä- und Postkonzepten der Lernenden jeweils auch nach Geschlecht ausgewertet werden. Von Interesse wären zudem vergleichende Studien zum Potenzial von Lehr-/Lernsettings, geschlechtsspezifische Unterschiede in Motivation, Interesse und Leistungen in den MINT-Fächern zu reduzieren. Ein zweites Desiderat bezieht sich auf das Testen von Interventionen zur Reduktion von *Stereotype Threat*-Effekten und zur Verbesserung der Lernergebnisse und der Motivation von Mädchen im Bereich von MINT-Fächern. Das weite Feld der sozialpsychologischen Forschung zur Wirkung von Stereotypen und Mindsets, das hier vorgestellt wurde, ist vorwiegend auf den angelsächsischen Raum bezogen. Es wäre jedoch von grossem Interesse, diese Konzepte auch für die Forschung im deutschsprachigen Kontext und auf verschiedenen Schulstufen fruchtbar zu machen.

Literatur

- Acker, J. (1990): Hierarchies, Jobs, Bodies: A Theory of Gendered Organizations. *Gender and Society*, 4(2), 139–158. <https://doi.org/10.1177/089124390004002002>.
- Ambady, N.; Shih, M.; Kim, A. & Pittinsky, T. L. (2001): Stereotype Susceptibility in Children: Effects of Identity Activation on Quantitative Performance. *Psychological Science*, 12(5), 385–390. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.00371>.
- Aronson, J.; Fried, C. B. & Good, C. (2002): Reducing the Effects of Stereotype Threat on African American College Students by Shaping Theories of Intelligence. *Journal of Experimental Social Psychology*, 38(2), 113–125. <https://doi.org/10.1006/jesp.2001.1491>.
- Bernardis, M.-A. (2013): La culture scientifique, une culture au masculin? *La Lettre de l'OCIM*, N° 149, 16–24. URL: <https://journals.openedition.org/ocim/1269>; <https://doi.org/10.4000/ocim.1269>.

- Blackwell, L. S.; Trzesniewski, K. H. & Dweck, C. S. (2007): Implicit Theories of Intelligence Predict Achievement Across an Adolescent Transition: A Longitudinal Study and an Intervention. *Child Development*, 78(1), 246–263. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.00995.x>.
- Canning, E. A.; Muenks, K.; Green, D. J. & Murphy, M. C. (2019): STEM faculty who believe ability is fixed have larger racial achievement gaps and inspire less student motivation in their classes. *Science Advances*, 5(2). <https://doi.org/10.1126/sciadv.aau4734>.
- Cohen, G. L.; Steele, C. M. & Ross, L. D. (1999): The Mentor's Dilemma: Providing Critical Feedback Across the Racial Divide. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 25(10), 1302–1318. <https://doi.org/10.1177/0146167299258011>.
- Dehler, J. & Gilbert, A.-F. (2010): Geschlechtergerechte Gestaltung der Hochschul-lehre. In: B. Berendt, H. P. Voss & J. Wildt (Hrsg.), *Neues Handbuch Hochschul-lehre*. Stuttgart: Raabe, G 2.6.
- Dweck, C. S. & Leggett, E. L. (1988): A Social-Cognitive Approach to Motivation and Personality. *Psychological Review*, 95(2), 256–273. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.95.2.256>.
- Eccles, J. S. & Jacobs, J. E. (1986): Social Forces Shape Math Attitudes and Performance. *Signs: Journal of Women in Culture and Society*, 11(2), 367–380. <https://doi.org/10.1086/494229>.
- Eckes, T. (2010): Geschlechterstereotype: Von Rollen, Identitäten und Vorurteilen. In: R. Becker & B. Kortendiek (Hrsg.), *Handbuch Frauen- und Geschlechterforschung. Theorie, Methoden, Empirie*. 3., erweiterte und durchgesehene Auflage, Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften, 178–189.
- Faulkner, W. (2000): The Power and the Pleasure? A Research Agenda for ›Making Gender Stick‹ to Engineers. *Science, Technology & Human Values*, 25(1), 87–119. <https://doi.org/10.1177/016224390002500104>.
- Faulkner, W. (2007): ›Nuts and bolts and people‹: Gender-troubled engineering identities. *Social Studies of Science*, 37(3), 331–356. <https://doi.org/10.1177/0306312706072175>.
- Faulkner, W. (2009): Doing gender in engineering workplace cultures. I. Observations from the field. *Engineering Studies*, 1(1), 3–18. <https://doi.org/10.1080/19378620902721322>.
- Franceschini, G.; Galli, S.; Chiesi, F. & Primi, C. (2014): Implicit gender-math stereotype and women's susceptibility to stereotype threat and stereotype lift. *Learning and Individual Differences*, 32, 273–277. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2014.03.020>.
- Gilbert, A.-F. (2009): Disciplinary cultures in mechanical engineering and materials science: gendered / gendering practices? *Equal Opportunities International*, 28(1), 24–35. <https://doi.org/10.1108/02610150910933613>.

- Gilbert, A.-F. (2020): Gender und Technik. Wege zu einem genderinklusiven Unterricht. *Werkspuren. Fachzeitschrift für Vermittlung von Design und Technik*, 157, 26–28.
- Good, C.; Rattan, A. & Dweck, C. S. (2012): Why Do Women Opt Out? Sense of Belonging and Women's Representation in Mathematics. *Journal of Personality and Social Psychology*, 102(4), 700–717. <https://doi.org/10.1037/a0026659>.
- Hofer, S. I. (2015): Studying Gender Bias in Physics Grading: The role of teaching experience and country. *International Journal of Science Education*, 37(17), 2879–2905. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1114190>.
- Levy, S. R.; Stroessner, S. J. & Dweck, C. S. (1988): Stereotype Formation and Endorsement: The Role of Implicit Theories. *Journal of Personality and Social Psychology*, 74(6), 1421–1436. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.74.6.1421>.
- Lohan, M. & Faulkner, W. (2004): Masculinities and Technologies. Some Introductory Remarks. *Men and Masculinities*, 6(4), 319–329. <https://doi.org/10.1177/1097184X03260956>.
- Mackenzie, D. & Wajcman, J. (Hrsg.) (1999 [1985]): *The Social Shaping of Technology*, Buckingham, Philadelphia: Open University Press.
- Martens, A.; Johns, M.; Greenberg, J. & Schimel, J. (2006): Combating stereotype threat: The effect of self-affirmation on women's intellectual performance. *Journal of Experimental Social Psychology*, 42(2), 236–243. <https://doi.org/10.1016/j.jesp.2005.04.010>.
- Mellström, U. (1995): *Engineering Lives: Technology, Time and Space in a Male-Centred World*. Linköping: Linköping University, Linköping Studies in Arts and Science 128.
- Miyake, A.; Kost-Smith, L. E.; Finkelstein, N. D.; Pollock, S. J.; Cohen, G., L. & Ito, T. A. (2010): Reducing the Gender Achievement Gap in College Science: A Classroom Study of Values Affirmation. *Science*, 330(6008), 1234–1237. <https://doi.org/10.1126/science.1195996>.
- Moss-Racusin, C. A.; Dovidio, J. F.; Brescoll, V. L.; Graham, M. J. & Handelsman, J. (2012): Science faculty's subtle gender biases favor male students. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(41), 16474–16479. <https://doi.org/10.1073/pnas.1211286109>.
- Paulitz, T. (2007): Kämpfe um hegemoniale Männlichkeiten in der Ingenieurkultur um 1900. In: U. Brunotte & R. Herrn (Hrsg.), *Männlichkeiten und Moderne. Geschlecht in den Wissenskulturen um 1900*. Bielefeld: transcript, 257–270.
- Paulitz, T. (2010): Technikwissenschaften: Geschlecht in Strukturen, Praxen und Wissensformationen der Ingenieurdisziplinen und technischen Fachkulturen. In: R. Becker & B. Kortendiek (Hrsg.), *Handbuch Frauen- und Geschlechterforschung. Theorie, Methoden, Empirie*. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften, 787–798. https://doi.org/10.1007/978-3-531-92041-2_96.

- Paulitz, T.; Kink, S. & Prietl, B. (2015): Fachliche Distinktion und Geschlechterunterscheidung in Technik- und Naturwissenschaften. Grundlagen- und anwendungsorientierte Wissenskulturen im Vergleich. In: T. Paulitz, B. Hey, S. Kink & B. Prietl (Hrsg.), *Akademische Wissenskulturen und soziale Praxis*. Münster: Westfälisches Dampfboot, 207–225.
- Rattan, A.; Good, C. & Dweck, C. S. (2012): »It's ok – Not everyone can be good at math«: Instructors with an entity theory comfort (and demotivate) students. *Journal of Experimental Social Psychology*, 48(3), 731–737. <https://doi.org/10.1016/j.jesp.2011.12.012>.
- Shih, M.; Pittinsky, T. L. & Ambady, N. (1999): Stereotype Susceptibility: Identity Salience and Shifts in Quantitative Performance. *Psychological Science*, 10(1), 80–83. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.00111>.
- Smith, J. L. & White, P. H. (2002): An examination of implicitly activated, explicitly activated, and nullified stereotypes on mathematical performance: it's not just a woman's issue. *Sex Roles*, 47(3–4), 179–191. <https://doi.org/10.1023/A:1021051223441>.
- Spencer, S. J.; Steele, C. M. & Quinn, D. M. (1999): Stereotype Threat and Women's Math Performance. *Journal of Experimental Social Psychology*, 35(1), 4–28. <https://doi.org/10.1006/jesp.1998.1373>.
- Steele, C. M. & Aronson, J. (1995): Stereotype threat and the intellectual test performance of African Americans. *Journal of Personality and Social Psychology*, 69(5), 797–811. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.69.5.797>.
- Stroessner, S. J. & Good, C. (2011): Stereotype Threat: An Overview. Excerpts and Adaptations from Reducing Stereotype Threat.org.
- Vick, S. B.; Seery, M. D.; Blascovich, J. & Weisbuch, M. (2008): The effect of gender stereotype activation on challenge and threat motivational states. *Journal of Experimental Social Psychology*, 44(3), 624–630. <https://doi.org/10.1016/j.jesp.2007.02.007>.
- Walton, G. M. & Cohen, G., L. (2003): Stereotype Lift. *Journal of Experimental Social Psychology*, 39, 456–467. [https://doi.org/10.1016/S0022-1031\(03\)00019-2](https://doi.org/10.1016/S0022-1031(03)00019-2).

Autorin

Anne-Françoise Gilbert, Dr. phil.

Freischaffende Soziologin, Forschungs-, Weiterbildungs- und Beratungsmandate an Hochschulen, u.a. an der Pädagogischen Hochschule der Fachhochschule Nordwestschweiz.

Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Gender in technischen Fachkulturen, gendersensible Gestaltung von Lehre und Studiengängen.

Institutionelle Anbindung: annefrancoise.gilbert@fhnw.ch

Persönliche Webseite: annefrancoisegilbert.ch

Kapitel V

Fächerverbindende Themen in der Technischen Bildung

Bestandsaufnahme und Impulse am Beispiel »Textilien«

Elisabeth Jahnke

Abstract

Technische Bildung auf der Basis eines mehrdimensionalen Technikverständnisses ist ein Vorhaben, an dessen Verwirklichung mehrere Fächer beteiligt sind. Worauf können Lehrpersonen aufbauen und worin besteht allenfalls Entwicklungsbedarf? Aus einer Bestandsaufnahme konkreter Unterrichtsbeispiele zu »Textilien« aus Lehrmitteln der Fächer *Natur-Mensch-Gesellschaft* (NMG) bzw. *Natur & Technik* (NT), *Textiles und Technisches Gestalten* (TTG) und *Medien und Informatik* (MI), die im Vorfeld der Tagung »Technische Bildung« in Ascona von den Leitenden des Workshops zusammengestellt wurden, kristallisierten sich zunehmend auch Fragen danach heraus, welche Rolle dem Textilen in Bezug auf Technische Bildung zugeschrieben wird.

Ausgehend von drei didaktischen Grundprinzipien wird in diesem Beitrag den Besonderheiten des Textilen nachgegangen und werden einige für die Technische Bildung relevante Merkmale textiler Systeme und ihr Potenzial zur Gestaltung fächerverbindender Unterrichtsformen beleuchtet. Diese werden mit inhaltlichen und prozeduralen Kompetenzen der Fachbereiche TTG, NMG und MI in Beziehung gesetzt.

1 Einleitung

Alle technischen Artefakte, die Prozesse ihrer Herstellung, ihres Gebrauchs und ihr Eingebundensein in technische Systeme sind das Ergebnis einer produktiven Auseinandersetzung des Menschen mit seinen Problemen, Bedürfnissen und Visionen, die sich in einem Zusammenspiel aus Vorstellungskraft, Handfertigkeit, inneren Präferenzen und äusseren Bedingungen materialisiert haben. Diese Fähigkeit ist dem Menschen eigen und zeichnet ihn aus. Sie

droht aber zu verkümmern, wo sie in ihrem ursprünglichen Sinn nicht mehr gebraucht wird, weil Güter und Dienstleistungen für fast jedes Bedürfnis jederzeit verfügbar sind. Die Spezialisierung der Technikwissenschaften und ihrer Produkte hat zugunsten immer ausgefeilterer Lösungen in Verbindung mit naturwissenschaftlichen, wirtschaftlichen und politischen Einflussfaktoren inzwischen eine Komplexität erreicht, die sich Laien nicht mehr ohne weiteres erschliesst und deren Erschliessung wirtschaftlich auch oft gar nicht gewollt ist (vgl. Wandschneider, 2020). Wir können uns diesem komplexen »Beziehungsgeflecht« namens Technik (Ropohl, 2009) aber weder entziehen noch sollten wir ihm uns unkritisch überlassen (ebd.). Die *Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung* DGTB nennt drei Fähigkeitsdimensionen, die durch Technische Bildung verwirklicht werden sollen (vgl. Schlagenhauf & Wiesmüller, 2018: 10):

- Wissen *über* Technik, technische Artefakte, ihre Entstehungskontexte, Wirkungen und Zusammenhänge (*kognitive Dimension*)
- technisches Können und Handeln *mit* Technik (*aktionale Dimension*), welches den Lernenden Autonomieerfahrung ermöglicht, indem es ihren produktiven Anlagen zur Entfaltung verhilft
- Folgenabschätzung und Bewertung *von* Technik (*evaluative Dimension*)

Alle Fähigkeitsdimensionen sind bei den Lernenden gleichermassen zu fördern.

2 Didaktische Vorüberlegungen – genetisch, handlungsorientiert, problemlösend

Den Reflexionen über fächerverbindendes Lernen an und mit Textilien, mit denen den eingangs erwähnten Herausforderungen begegnet werden kann, sollen drei bewährte didaktische Prinzipien vorausgeschickt werden: das Prinzip des genetischen Lernens (Wagenschein, 1968/1999), das Prinzip der Handlungsorientierung und das Prinzip der Projekt- bzw. Problemlöseorientierung. Die Ansätze überschneiden sich zu grossen Teilen, da sie letztlich alle auf einem (ko)konstruktivistischen Lehr-/Lernverständnis beruhen, bringen aber auch eigene Nuancierungen bei der Auswahl geeigneter Anknüpfungspunkte für lernendenorientiertes und fächerverbindendes Unterrichten mit sich.

Genetisch im Sinne Wagenscheins meint: im Vertrauen auf die Fähigkeiten des Kindes, eine Sache von Grund auf verstehen zu können. Lernende werden in die Lage versetzt, ein Problem so vor sich stehen zu sehen »wie es vor der Menschheit stand, als es noch nicht gelöst war«, und am Entwicklungs- und Entdeckungsprozess teilzuhaben (Wagenschein, 1999: 15). Übertragen auf die Anliegen Technischer Bildung geht es um die »Einwurzelung« grundlegender Denk- und Handlungsweisen, indem immer wieder der Frage nachgegangen werden soll, warum und wofür technische Lösungen gesucht werden und wie man eigentlich dorthin gelangt.

Das Prinzip der Handlungsorientierung wird in verschiedenen theoretischen Konzepten z. B. als »*learning by doing*« bei John Dewey, Jean Piaget und weiteren reformpädagogischen Ansätzen beschrieben. Allen gemeinsam ist die Betonung handlungsbezogener Zugänge des Forschens, Erprobens, Herstellens usw. Seymour Paperts Konzept der Handlungsorientierung im »Konstruktionismus« (1982), das er selbst als »*learning by getting things to work*« beschreibt (vgl. Hromkovič et al., 2019), vermag gerade in Bezug auf Technische Bildung besonders interessante Impulse zu geben. In letzter Konsequenz ist dabei das Endprodukt der Lernendenaktivität ein *thing that works*, welches bis zum Erreichen dieses Ziels die Lernenden immer wieder zur Fehlersuche und zum Prüfen ihrer Hypothesen und (motorischen oder mentalen) Fertigkeiten herausfordert. Papert verbindet damit einen individual-genetischen Ansatz mit problemlösendem Lernen.

Problemlösen als didaktisches Prinzip gehört im Kontext der MINT-Förderung und Förderung kreativer, technischer Lernprozesse ohnehin zum Konsens und ist, da es um das Anwenden von Wissen und Können in neuen Situationen geht, eine Schlüsselkompetenz in einer durch technischen und digitalen Fortschritt geprägten Welt (vgl. Hüttner, 2018: 134–137).

3 Fächer verbinden – aber wie?

Interdisziplinarität in der Unterrichtspraxis kann unterschiedliche Formen annehmen, die in der Literatur nicht immer ganz eindeutig und konsequent differenziert werden. Folgende drei Kategorien können für die Zwecke dieses Beitrags grob veranschlagt werden:

1. *Über Inhalte und Methoden:* In den Fachunterricht werden Inhalte oder Methoden anderer Fächer einbezogen. Das setzt Kenntnisse der Lehr-

person in den beteiligten Fachbereichen voraus, dafür ist der Organisationsaufwand gering. Gerade in Fächern wie NMG und TTG, die sich aus mehreren Perspektiven zusammensetzen, ist dies gut möglich. Ein einfaches Beispiel wäre das Durchführen von naturwissenschaftlich angelegten Experimenten im Textilunterricht, um unbekannte Fasern zu testen (Brennprobe, Färben). Beispiele dazu sind enthalten im Lehrmittel *Prisma Naturwissenschaften 2* (Bergau, 2013: 303). Unter Kapitel 4.2 in diesem Beitrag werden Verbindungen zwischen TTG und Informatik vorgestellt.

2. *Über ein Thema:* Lehrpersonen koordinieren ihre Planung so, dass zu einem bestimmten Zeitpunkt in verschiedenen Lektionen am gleichen Thema unter der jeweiligen Fachperspektive gearbeitet werden kann. Das ist besonders auf der Primarstufe weit verbreitet. Sehr häufig sind Lerneinheiten zu einem beliebigen Thema, z. B. »Käfer« (vgl. *Werkweiser 2*, Stuber, 2015: 95 ff). Im erwähnten Unterrichtsbeispiel sollen die Tiere beobachtet, ihre Körperteile benannt, gezeichnet, plastisch gestaltet werden usw. Das können für jüngere Kinder motivierende Anlässe sein, ihre Umgebung jeweils aus verschiedenen Perspektiven neu zu entdecken, es kann aber auch dazu führen, dass die Inhalte mehr oder weniger zusammenhanglos »aneinandergeklebt« scheinen (vgl. Giest, 2016). Es kommt darauf an, wie die Lehrperson das Thema vernetzt und welche Absichten sie damit verfolgt. In Bezug auf Technische Bildung können also biologische (Bionik) sowie zeitgeschichtliche Erkundungen oder ausgewählte technische Artefakte Ausgangspunkt für anspruchsvollere Projektarbeiten und Gestaltungsvorhaben sein. Kapitel 4.1 gibt Anregungen für die Verbindung NMG-TTG aus der historisch-genetischen Perspektive.
3. *Übergeordnete Fragestellung / gemeinsame Gestaltungsvorhaben:* diese Form der Fächerverbindung stellt hohe Ansprüche an Organisation und Absprache der Beteiligten. Fachspezifische Denkweisen, Verfahren und Kenntnisse drängen sich auf, weil sie zum Gelingen des Vorhabens beitragen und nicht entbehrt werden können. Beispiele sind gemeinschaftliche Gestaltung des Pausenhofs, eine schuleigene Repair-Werkstatt, Gestaltungsprojekte im kulturellen Bereich oder Umweltschutz. In Kapitel 4.3 wird dazu eine Projektarbeit zu Bildung für nachhaltige Entwicklung vorgestellt.

4 Das Textile in der Technischen Bildung

Die Auseinandersetzung mit Textilien findet in der deutschsprachigen Schweiz gemäss Lehrplan vor allem im *Textilen Gestalten* statt. Durch die Bezeichnung des Fachs bzw. Fachverbundes *Textiles und Technisches Gestalten*, welche an die Unterschiede der fachgeschichtlichen Traditionen erinnert, könnte leicht der Eindruck entstehen, es handle sich beim »Textilen« um etwas, das dem »Technischen« gegenüberzustellen wäre, so als schliesse das eine das andere womöglich sogar aus. Die Begriffe rangieren nicht auf der gleichen Hierarchieebene. Dass der Unterricht in getrennten Fachräumen und bei verschiedenen Lehrkräften stattfindet, kann diesen Eindruck noch verstärken. Man muss nicht jedes Wort auf die Goldwaage legen. Doch weil Sprache eben auch Wirklichkeit schafft und nicht nur abbildet, müssten die semantischen Relationen, die durch dieses Begriffspaar ausgedrückt werden, eigentlich einmal eingehender untersucht werden. Im Kompetenzaufbau TTG des Lehrplans 21 sind die Kompetenzbeschreibungen gemeinsam formuliert. Nun müssten Wege gefunden werden, die dafür notwendigen fachwissenschaftlichen Expertisen der Lehrkräfte, die bis vor einiger Zeit noch in getrennten Ausbildungswegen erarbeitet wurden, in der Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen ohne Qualitätsverlust zusammenzuführen. Es ist fragwürdig, ob das mit der derzeit zur Verfügung stehenden Ausbildungszeit geleistet werden kann.

Zunächst soll aber der Begriff des »Textilen« aus fachdidaktischer Sicht fassbar gemacht werden: Textile Flächen können aus einem Fadensystem (z. B. Gewebe, Geflechte) oder einem fortlaufenden Faden (z. B. Maschenware) erzeugt werden. Wollfasern und einige Chemiefasern können sich darüber hinaus in sich selbst oder mit Hilfsstoffen zur Fläche verbinden (z. B. Vliese, Filze). Fachdidaktische Modelle des Textilunterrichts der 1990er Jahre plädieren für einen erweiterten Textilbegriff, der einschliesst, was aufgrund seiner Materialität, seines Formprozesses, seiner Materialqualität oder Funktion Eigenschaften des Textilen aufweist (Eichelberger & Rychner, 2008: 97/41). Als »Fadensysteme« im weiteren Sinne kommen daher auch Draht, Seil/Schnur, Schilf etc. in Betracht, ebenso Folien, Latex u. a. So kann der Blick auf Möglichkeitsräume des Gebrauchs jenseits tradierter Vorstellungen über Mode, Bekleidung und anderer Anwendungen des Textilen geschärft werden.

4.1 Textilien als Ur-Technisches Produkt

In diesem Kapitel wird die historisch-genetische Perspektive auf Textilien eingenommen, die sich z. B. für eine Umsetzung durch die Koordination der Fächer TTG und NMG eignen würde. Am Ende des Kapitels befindet sich eine Tabelle mit möglichen Bezügen zu den Kompetenzbeschreibungen des Lehrplans 21.

Textilien sind ur-technische Produkte, die uns schon so lang und umfassend begleiten, wie es, ausser vielleicht auf erste Werkzeuge und keramische Massen, wohl nur auf wenige Artefakte zutrifft (siehe Abb. 1). Und doch führen sie im Diskurs um Technische Bildung oft ein Schattendasein, abgesehen von ihrer Kenntnissnahme als »smart textiles« oder »technische Textilien«. Dabei ist das Faszinierende an dieser bald 30'000-jährigen Beziehung zwischen Mensch und Textil, dass nicht nur viele der noch heute gebräuchlichen Verfahren zu dessen Herstellung im Kern auf den gleichen mechanischen Prinzipien der Flächenbildung beruhen, sondern sich auch schon in prähistorischer Zeit eine beeindruckende Vielfalt an Verwendungszwecken und Gestaltungselementen herausgebildet hat (vgl. Rieff Anawalt, 2007; Schneider, 2007: 9). Verfolgt man allein die Geschichte der Textilerstellung weiter, zeigen sich bedeutende Wendepunkte technologischer, wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Entwicklungen auf diesem Gebiet:

- *hoher Grad an Spezialisierung und Arbeitsteilung und globale Handelsketten.* Seit der Antike bestehen Handelsrouten zwischen dem europäischen Mittelmeerraum und Indien, und von dort nach Zentralasien. Gehandelt wurden Farbstoffe und Gewürze, Goldfäden, Seide und Wolle. Aus schriftlichen Quellen der römischen Zeit sind spezialisierte Textilberufe wie Walker, Schneider, Weber und deren Ausbildungsverträge, sowie Handel mit Massenprodukten bekannt. Auch eisenzeitliche Textilfunde aus den Salzbergwerken Hallstatt und Dürrnberg (ca. 800 v. Chr.–450 v. Chr.) lassen Rückschlüsse auf parallel existierende Formen des Haushandwerks (zur Deckung



Abb. 1: Fragment eines Gewebes in Leinwandbindung, Fundort Zürich-Utoquai (ca. 3200–2800 v. Chr.) (© Kantonsarchäologie Zürich, Martin Bachmann, siehe Rast-Eicher & Dietrich, 2015).

des Eigenbedarfs), der Heimindustrie (als Nebenerwerb), handwerklicher Spezialisierung (Haupterwerb) und frühe Formen der seriellen Massenproduktion zu (Grömer, Hoffmann-de Keizjer & Rösel-Mautendorfer, 2010: 227–238). In der »Beschreibung aller Stände auf Erden« des Hans Sachs (1567) werden für den deutschsprachigen Raum 96 gewerblich tätige Stände beschrieben, davon fallen allein 19 auf den Bereich der Textil- und Lederherstellung sowie Textilverarbeitung und -handel, das Seilerhandwerk, das Körbe- und Siebeflechten und die Herstellung von Fischernetzen. Dazu kommen noch zwei auf das Textilhandwerk spezialisierte Schmiedearbeiten (»Nadelmacher«, »Fingerhuter«) (Sachs & Amman, 2005). In der Berufswelt der heutigen Schweiz werden 78 Berufsbezeichnungen für Beschäftigte in der Textilbranche unterschieden (Quelle: berufsberatung.ch).

- *schrittweise Mechanisierung und Automatisierung der notwendigen Produktionsmittel.* Der Wunsch nach Effektivitätssteigerung in Zeiten grossen Bedarfs oder auch, um Einfuhrzölle ausländischer Luxusgüter zu umgehen, hat die Suche nach besseren technischen Lösungen vorangetrieben. Um 1589 erfand William Lee die erste Maschine, die Maschen bilden konnte (Beckmann, 1846: 368). Was beim Handstricken durch geschickte Fingerbewegungen erreicht wird, musste mechanisch durch ein spezielles Nadelsystem simuliert werden.¹ Kulierstuhl, Kettenwirkstuhl oder Strickmaschine lösen dieses Problem auf unterschiedliche Weise. Lees Maschine diente der Strumpfherstellung aus Seide (Beckmann, 1846: 368; vgl. auch Lueger, 1910: 339–349), konnte aber noch keine geschlossenen Runden (Schlauchware) oder Abnahmen arbeiten. Die technischen Lösungen dafür entstanden erst im Verlauf des 19. Jahrhunderts und ermöglichten bald auch Wirkware für andere Bekleidungszwecke – der Beginn von Tricot für bequeme T-Shirts, wie wir sie heute kennen (siehe Abb. 2). Ein moderner Strickroboter produziert heute ca. 240 Socken am Tag (Stuber, 2018: 161).
- *Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet synthetischer Farbstoffe und Färberei.* Schon die ältesten Textilfunde weisen Spuren von Färbung durch natürliche Farbstoffe auf (vgl. Grömer, Hoffmann-de Keizjer & Rösel-Mauten-

1 »The invention of the stocking-loom is worthy of more admiration, when one reflects that it was not a matter of accident, like most of the great discoveries, but the result of talents and genius. It is a machine exceedingly complex, consisting of two thousand parts, which, in a moment almost, can make two hundred meshes of loops, without requiring much skill or labour in the workman« (Beckmann, 1846: 368).

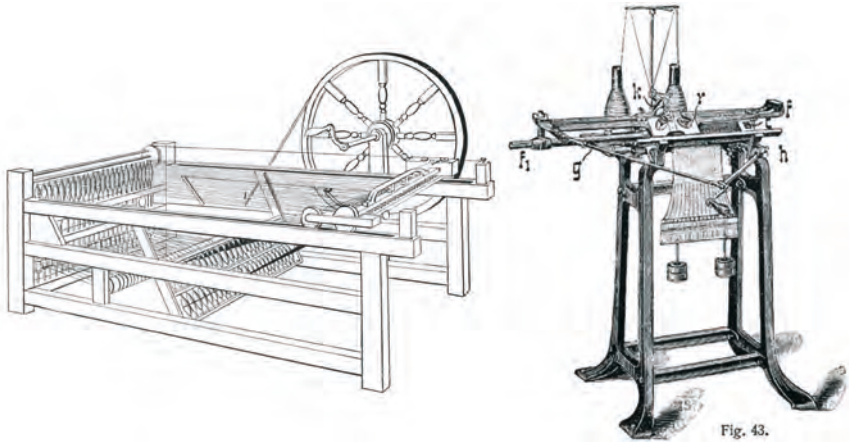


Abb. 2: Spinn- und Strickmaschine – links: die verbesserte Spinning Jenny von 1884 (North, 1891: 292, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PSM_V39_D306_Hargreave_improved_spinning_jenny.jpg) (Die erste industrielle Spinnmaschine dieses Typs wurde 1767 von James Hargreaves erfunden und gilt als Meilenstein der ersten industriellen Revolution.); rechts: Strickware, die aussah wie handgestrickt, wurde ab 1865 mit Erfindung der Strickmaschine von Isaac W. Lamb möglich (Lueger, 1910: 947).

dorfer, 2010). Besonders pflanzliche Fasern nehmen die meisten natürlichen Farbstoffe aber nur unter bestimmten Umständen und nach entsprechender Beizung an und sind oft wenig licht- und waschbeständig. 1856 entdeckte der junge Chemiker William H. Perkin bei dem Versuch, Chinin zu synthetisieren, die färbenden Eigenschaften von Anilin, welches in Steinkohleteer enthalten ist, einem Abfallprodukt der Koks- und Leuchtgasgewinnung. Dies wurde der erste synthetische Farbstoff »Mauvein«, der Seide intensiv violett färbte (Hübner, 2006). In dieser Phase der Industrialisierung war Steinkohleteer reichlich vorhanden, das machte die Entdeckung zu einer wirtschaftlichen Sensation. Das Ereignis gilt seither als Beginn eines in der Folge sehr schnell wachsenden chemischen Industriezweigs auf dem europäischen Kontinent, wo weitere Farbstoffe für die Textilindustrie entwickelt wurden. 85 Prozent der weltweiten Farbstoffproduktion fanden um 1900 in den neu gegründeten Chemiewerken in Deutschland statt, die es teilweise heute noch – mit anderer Produktpalette – gibt, und auch die Basler Chemiewerke profitierten von der steigenden Nachfrage der Textilindustrie (Kreis, Wartburg & König, 2016).

Auf der Kehrseite dieser textilen Zeitreise stehen prekäre Arbeitsbedingungen, tödliche Chemikalien für noch brillantere Färbungen, Kinderarbeit, Sklaverei, Unterdrückung, Ausbeutung (vgl. Little, 2018). In vielen Werken des 19. Jahrhunderts werden diese Missstände literarisch verarbeitet z. B. in Charlotte Brontë's *Shirley*, 1849; Elizabeth Gaskell's *North and South*, 1855 und Gerhart Hauptmanns *Die Weber*, 1892. Im Vergleich zu anderen technischen Industrien Westeuropas wurde die europäische Textilindustrie inzwischen fast vollständig ins Ausland verlagert – aus den Augen, aus dem Sinn? Der Einsturz des Rana Plaza in Bangladesh im Jahr 2013 hat für viel Aufsehen und Fassungslosigkeit gesorgt und zeigt, dass Entscheidungskompetenz in Bezug auf Technische Bildung nicht allein als Erschliessung der konstruktiv-funktionalen Aspekte technischer Artefakte gefordert ist. Die Geschichte der Textilproduktion ist Technikgeschichte, und sie ist keineswegs »von gestern«. Sie hilft dabei zu verstehen, wie eng technische Artefakte und Prozesse des Textilen mit dem gesellschaftlichen Kontext, in dem sie entstanden sind, verwoben sind und dabei gerade auch den Wirtschaftsstandort Schweiz ganz entscheidend mitgeprägt haben.

Ein paralleler Kompetenzaufbau einiger der genannten Themenaspekte ist in den Fachbereichen NMG und TTG mit den Vorgaben des Lehrplans 21 für folgende Kompetenzbereiche denkbar (Tab. 1).

4.2 Die Logik des textilen Ornaments – Textilien und Informatik

Verbindungen zwischen dem Textilen und Informatik werden in Lehrmitteln bisher nur wenig abgebildet oder beziehen sich auf die Kombination mit neueren digitalen Technologien, wie z. B. Wearables (Stuber, 2018: 416/426). Textilien spielen in den Lernaufgaben dabei oft nicht mehr als die Rolle eines Trägermaterials für LEDs und Sound-Module; bei industriell produzierten textilen Wearables befinden sich leitende Fasern in der textilen Fläche, was diese tatsächlich zu einer Art flexibler Leiterplatte macht. Hromkovič & Lacher (2017) geben dagegen zu bedenken, dass Informatikunterricht nicht darin bestehen sollte, Anwendungskompetenzen in den neuesten Computertechnologien zu vermitteln.² Um wichtige Konzepte der Informatik vermitteln zu

2 »Do not teach the latest products of IT and the latest scientific discoveries. Follow the genesis of fundamental concepts and improve them step by step. Create the need for these concepts and their improvements and discover the new ideas by doing experiments, proposing and verifying solutions and evaluating their feasibility and quality« (Hromkovič & Lacher, 2017: 10).

Tab. 1: *Vorschlag für Kompetenzen einer historisch-genetischen Zusammenarbeit der Fächer TTG und NMG nach Lehrplan 21 (D-EDK 2016).*

Zyklus 1 & 2		Zyklus 3
NMG.5 Technische Entwicklungen und Umsetzungen erschliessen, einschätzen und anwenden – Geräte zur Textilerzeugung		NT.1 Wesen und Bedeutung von Naturwissenschaft und Technik verstehen – Forschung
NMG.6 Arbeit, Produktion und Konsum – Situationen erschliessen – Handarbeit und erste Werkzeuge		WAH.1 Produktions- und Arbeitswelten erkunden – Serielle Produktion, Massenproduktion
NMG.9 Zeit, Dauer und Wandel verstehen unterscheiden – Kulturen der Jungsteinzeit, Eisenzeit, Römer, Mittelalter		RZG.6 Weltgeschichtliche Kontinuitäten und Umbrüche erklären – Industrialisierung, Frühe Moderne
TTG.1.A.1 – Die Schülerinnen und Schüler erkennen technische Zusammenhänge und mit welchen Verfahren Objekte hergestellt wurden.		
– Kraftübertragung, Antrieb		– Web- oder Wirkmaschine
TTG.2.D.1 – Die Schülerinnen und Schüler können handwerkliche Verfahren ausführen und bewusst einsetzen.		
a – Flächen bilden: (z. B. Strickröhre, flechten, filzen, kaschieren). b – stricken (z. B. Strickbrett), häkeln und weben.		c – stricken (z. B. Rundstricken, Formen stricken) oder häkeln (z. B. Formen häkeln).
TTG.2.E.1 – Die Schülerinnen und Schüler kennen Materialien, Werkzeuge und Maschinen und können diese sachgerecht einsetzen.		
a – Papier, Karton, Holz, Ton, Textilien b – Holzwerkstoffe, Draht, dünne Bleche, Leder, textile Materialien		c – Massivholz, Metallhalbzeuge, Vlies, Gewebe, Maschenstoffe
TTG.3.A.2 – Die Schülerinnen und Schüler können technische und handwerkliche Entwicklungen verstehen und ihre Bedeutung für den Alltag einschätzen.		
Auswirkungen von Erfindungen auf den Alltag einschätzen (z. B. Webstuhl, Strickmaschinen). Technische Innovationen und deren Folgen einschätzen		Erfindungen und deren Folgen verstehen und bewerten (z. B. synthetische Materialien) Entwicklungen und Innovationen aus Design und Technik in ihrer Vernetzung analysieren und deren Folgen einschätzen

können, sei dies gar nicht nötig. Die zentralen Fragen der Grundbildung in Informatik lauten: *Wie kann ich zeitaufwendige und repetitive Verfahren automatisieren und weniger fehleranfällig machen? Wie kann ich Systeme steuern und vernetzen? Wie kann ich Informationen an autorisierte Personen leicht verständlich übermitteln und vor unautorisierten Personen schützen?* Die Wissenschaft der Informatik löst diese Probleme über verschiedene Möglichkeiten der Darstellung, Komprimierung und Verschlüsselung von Daten und durch algorithmisches Vorgehen, also Zerlegen eines Problems in überschaubarere Teilprobleme, die sich mit den zur Verfügung stehenden Mitteln leicht lösen lassen. Dafür kann seit Mitte des 19. Jahrhunderts auf elektronische Systeme zurückgegriffen werden, doch ihre eigentliche Geschichte beginnt sehr viel früher (Hromkovič & Lacher, 2017). Als Charles Babbage 1837 die erste programmierbare, mechanische Rechenmaschine beschrieb, die oft als erster »Computer« bezeichnet wird, wurde das dafür vorgesehene Lochkartensteuersystem schon seit mehr als 30 Jahren für die Erzeugung von gemusterten Textilien auf mechanischen Webstühlen eingesetzt. Erfunden oder zumindest perfektioniert haben soll dieses System Jean-Marie Jacquard (1755–1834), Sohn eines Seidenwebers in Lyon (vgl. Schneider, 2007: 257 ff). Davor wurden feinmechanische Automaten durch Stiftwalzen oder Kurvenscheiben gesteuert, die wesentlich teurer und aufwändiger in der Herstellung waren.

Für die Erzeugung textiler Flächen sind Handlungsanweisungen nötig, wann und wo sich die Fäden kreuzen, verschlingen oder verknoten müssen, um sich gegenseitig zu stabilisieren. Es wäre unökonomisch, für die gesamte textile Fläche eine Anweisung zu notieren. Da sich das Muster nach bestimmter Zeit wiederholt, reicht gewöhnlich eine kurze Sequenz (Rapport) aus. Ein Beispiel für verhältnismässig »junge« Handlungsanweisungen aus englischen und amerikanischen Handarbeitsbüchern von 1847 und 1892 zeigt Abbildung 3. Ein einfacher textbasierter Code vermittelt alle notwendigen Informationen, um das Muster nachzuarbeiten. Wenige »Befehle« genügen, auch kommen bereits sog. Kontrollstrukturen zur Anwendung, etwa die Aufforderung, bestimmte Sequenzen zu wiederholen (»repeat« / »*«). Noch heute werden viele Anleitungen zum Handstricken so codiert oder können als Lochkarten in Handstrickmaschinen eingelesen werden.

Abbildung 4 zeigt eine auf der Programmiersprache LOGO basierende Programmierumgebung. Die erste Version der darin verwendeten Sprache wurde 1967 von einem Team um Seymour Papert am *Massachusetts Institute*

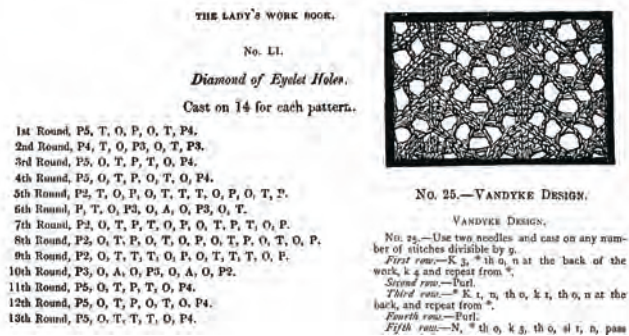


Abb. 3: Auszüge aus Anleitungen für verschiedene Strickmuster. Links von 1847 (Gaugain, 1847: 115), rechts, mit ergänzender Abbildung, von 1892 (Butterick, 1892: 16).

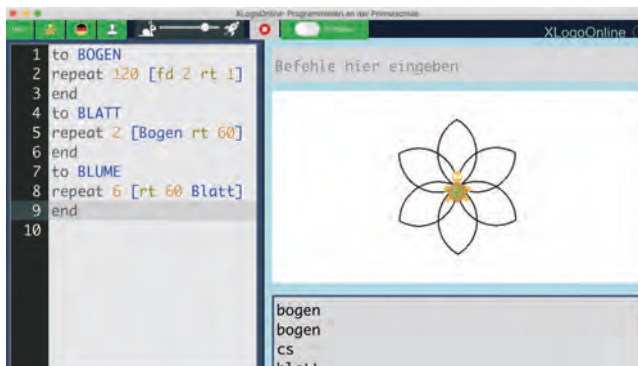


Abb. 4: Programmierungsumgebung für Kinder »XLogoOnline«.



Abb. 5: G-Code (Ausschnitt) und Simulation einer Vase für den 3D-Druck mit Keramik.

of Technology (MIT) speziell für Bildungszwecke entwickelt (Hromkovič et al., 2019). Die Parallelen zwischen der mehr als hundertjährigen Strickanleitung und dem Aufbau der Sprache LOGO (Kurzbefehle, Schleifen, teilschrittliche und modulare Lösungen) zeigen, dass die Wurzeln der modernen Informatik sich in frühen Kulturtechniken wie Sprachcodes oder dem Umgang mit reproduzierbaren Verfahren finden lassen. Ein auf wirkliches Verstehen und auf Partizipation ausgelegter Informatikunterricht berücksichtigt diese Zusammenhänge im Sinne genetischen Lernens und ermutigt Lernende dazu, selbst steuernd, zeichnend und gestaltend aktiv zu werden, statt Konsumentin und Konsument von schwer durchschaubaren digitalen Applikationen zu bleiben (ebd.). Die 2017 vorgestellte browserbasierte LOGO-Lernumgebung von Jacqueline Staub (ETH) wurde über mehrere Jahre mit mehr als 2000 Schülerinnen und Schülern getestet und kontinuierlich weiterentwickelt (Hromkovič, Serafini & Staub, 2017). Seit dem Herbst 2018 begleiten auch PH-Bern-Studierende in Zusammenarbeit mit dem *Ausbildungs- und Beratungszentrum für Informatikunterricht (ABZ)* der ETH Zürich interessierte Schulklassen der 5. und 6. Schulstufe bei ihren ersten Schritten in die Welt der Programmiersprachen mithilfe der LOGO-Lernumgebung *XLogoOnline*.³ Für jüngere Lernende gibt es mittlerweile eine blockbasierte Arbeitsumgebung, die sich mit dem Laufroboter BlueBot® koppeln lässt (Staub, Barnett & Trachsler, 2019).

Abbildung 5 zeigt einen Ausschnitt aus einem CNC-Programm (G-code oder DIN 66025), eine Programmiersprache, die hauptsächlich in der computergestützten Fertigung (CAM) Verwendung findet. Dieser Universalcode, benannt nach dem am häufigsten vorkommenden Befehl mit Anfangsbuchstaben »G«, kann von den meisten CNC-Maschinen (Plotter, Drehautomaten, Fräsen) interpretiert werden. Hier wurde ein mit CAD-Software erstellter Vasenentwurf über ein Slicer-Programm in Maschinencode übersetzt, um mit einem speziellen 3D-Drucker in Keramik gedruckt zu werden. Kaum jemand, der heute im privaten Bereich mit 3D-Druck zu tun hat, benötigt Kenntnisse im Codieren – das erledigen mittlerweile Softwareprogramme automatisch.

3 Programmierumgebung: <https://xlogo.inf.ethz.ch>, weitere Informationen unter <https://portfolio.switch.ch/view/view.php?id=139100> und <https://www.abz.inf.ethz.ch/primarschulen-stufe-sek-1/unterrichtsmaterialien/>

Wer jedoch mindestens einmal schon selbst programmiert hat, für den ist 3D-Druck keine Black Box mehr.

Die Lernenden sollen Computer und computergesteuerte Maschinen als Dialogpartner kennenlernen, denen durch Programme Anweisungen erteilt werden können, aber nur solche, die unmissverständlich und exakt eingegeben wurden (Hromkovič et al., 2019). Programmieren fördert ausserdem Einsichten in die modulare Vorgehensweise beim Entwurf komplexer Systeme, was für technisches Können relevant ist: zuerst werden einfache Systeme, die leicht auf ihre Funktionalität überprüft werden können, erstellt; diese wiederum bilden Bausteine, aus denen komplexere Systeme aufgebaut werden können usw. (ebd).

Um auf Textilien zurückzukommen: ausser den Anleitungen in codierter Textform sind bei Textilien vor allem grafische Darstellungen von Mustern weit verbreitet. Das ist möglich, weil gewebte und gestrickte Flächen aus einem gleichmässigen Raster von Bindungspunkten oder Maschen bestehen. Frühe Notationssysteme der Musterweberei sind spätestens seit dem 16. Jahrhundert für Süddeutschland überliefert (Schneider, 2007: 83). Für eine ausführliche Darlegung sei auf Schneider (2007) verwiesen. Aus dem »Problem«, textile

Tab. 2: *Vorschlag für Kompetenzen einer individual-genetischen, problemlöseorientierten Zusammenarbeit der Fächer TTG und MI nach Lehrplan 21 (D-EDK 2016; eigene Darstellung)*

Zyklus 1	Zyklus 2	Zyklus 3
MI.2.2 – Die Schülerinnen und Schüler können einfache Problemstellungen analysieren, mögliche Lösungsverfahren beschreiben und in Programmen umsetzen.		
formale Anleitungen erkennen und ihnen folgen	Programme mit Schleifen, bedingten Anweisungen und Parametern schreiben und testen	selbstentwickelte Algorithmen in Form von lauffähigen Programmen mit Variablen und Unterprogrammen formulieren
TTG.2.A.2 – Die Schülerinnen und Schüler experimentieren und können daraus eigene Produktideen entwickeln.		
zu ausgewählten Aspekten Lösungen suchen und eigene Produktideen entwickeln (z. B. Funktion, Konstruktion, Gestaltungselemente, Verfahren, Material) Lösungen für eigene Produktideen aus Experimentierreihen ableiten.		eigene Produktideen aufgrund selbst entwickelter Kriterien formulieren und experimentell entwickeln

Flächen zu bilden und durch geeignete Notation reproduzierbar zu machen, lässt sich in der Verbindung mit Informatik eine reichhaltige Lernumgebung für den Technikunterricht herleiten. Wichtig ist, den Lernenden bei der praktischen Erprobung der Flächenbildungen Raum für eigene Kreationen einzugestehen, sie *things that work* gestalten zu lassen. Tabelle 2 fasst abschliessend einige Kompetenzbeschreibungen des Beispiels zusammen.

4.3 Entsorgst du schon oder trägst du noch? – Textilindustrie und Nachhaltigkeit

Ein letztes Beispiel greift den Gedanken der projektartigen Fächerverbindung auf und bewegt sich thematisch zwischen den Dimensionen der Vermittlung von Wissen über textile Systeme und der evaluativen Dimension mit Blick auf das gesamte Netzwerk Natur-Mensch-Technik.

Am 1. November 2019 – zeitgleich zur Tagung, die Anlass für diesen Sammelband ist – fand zum 2. Mal der Nachhaltigkeitstag der drei Berner Hochschulen auf dem Campus der PH Bern statt. Ein halbes Jahr im Voraus setzte sich ein Team aus Dozierenden und Studierenden des Fachdidaktikzentrums Textiles und Technisches Gestalten/Design (FDZ TTG-D) der PH Bern zusammen und erarbeitete ein Konzept, um am Nachhaltigkeitstag Präsenz zu zeigen und die Fachperspektive des Textilen Gestaltens einzubringen.

In Sachen Umweltverschmutzung liegt die Produktion von Textilien global gesehen an zweiter Stelle nach der Erdölindustrie. Die zweitschmutzigste Angelegenheit der Welt – und wir tragen sie am Körper? Das sollte Grund genug sein, sich eingehend mit den Faktoren zu befassen, die zu dieser besorgniserregenden Bilanz führen. Die *United Nation's Partnership on Sustainable Fashion* wies dem Textilsektor 2018 eine Schlüsselposition im Erreichen der *Sustainable Development Goals (SDG)* zu (Abb. 6).

Mit dem gesetzten Titel der Projektgruppe, *»entSORGEtragen«*, wurde vor allem die letzte Station der Wertschöpfungskette kritisch unter die Lupe genommen. *Was heisst »Entsorgen« in Bezug auf Textilien eigentlich genau, und sind wir damit tatsächlich alle Sorgen los? Täten wir nicht gut daran, den Dingen etwas mehr Achtsamkeit zukommen zu lassen? Und kann das Tragen von »Entsorgtem« vielleicht eine Lösung sein?*

Die Komplexität der textilen Wertschöpfungskette macht es Endverbrau- chern schwer, jede Station eines Kleidungsstückes zurückzuverfolgen und zu überprüfen, doch Recherchen zu einzelnen Aspekten der Textilproduktion



Darstellung gemäss United Nations Economic Commission for Europe UNECE (2018). UN Partnership on Sustainable Fashion and the SDGs. Verfügbar unter: https://www.uncece.org/fileadmin/DAM/timber/meetings/2018/20180716/UN_Partnership_on_Sustainable_Fashion_programme_as_of_6-7-2018.pdf
Grafik SDG Colour Wheel & Logo: www.greenpng.com/ www.un.org CC BY 3.0

Abb. 6: Nachhaltige Kleidung im Kontext der Ziele für Nachhaltige Entwicklung, © Jahnke.

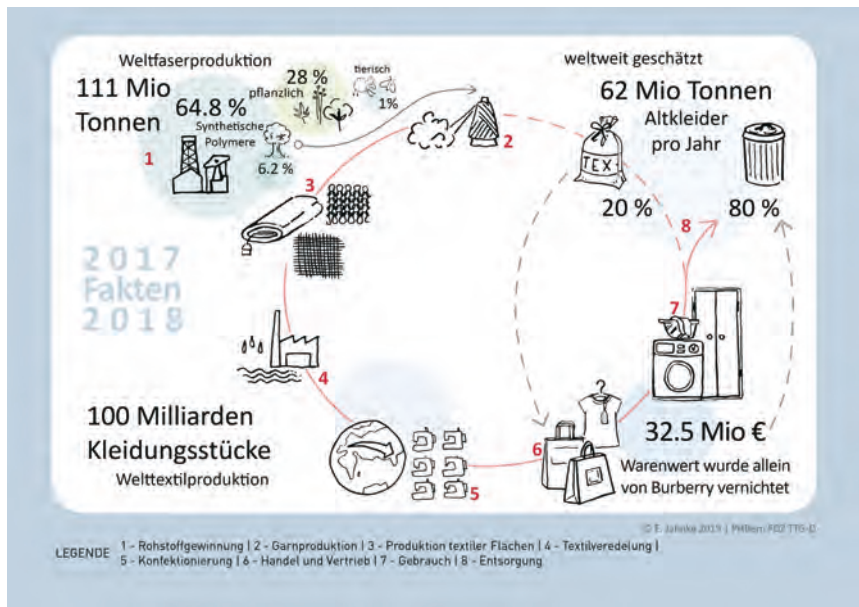


Abb. 7: Die textile Wertschöpfungskette mit Daten der Jahre 2017/2018, © Jahnke.



Abb. 8: Textilkonsum in der Schweiz, © Jahnke.

lassen erahnen, in welchem Ausmass dieser Sektor unseren Planeten und unsere Gesellschaft belastet. Die Ergebnisse der Recherche wurden für die Besucherinnen und Besucher der Tagung in Infografiken aufbereitet (vgl. Abb. 7 und 8).

Synthetisch gewonnene Fasern machten in den Jahren 2017/2018 etwa 71 % der Weltfaserproduktion aus.⁴ Der Abrieb kleinster Fasern, welcher beim Waschen und durch falsche Entsorgung solcher Textilien auf offenen Deponien entsteht, ist für mehr als ein Drittel der Gewässerbelastung durch Mikroplastik verantwortlich.⁵ Pflanzliche Fasern kommen auf einen Anteil von rund 28% – davon der allergrösste Teil konventionell angebaute Baumwolle. Zwar hat in den letzten Jahren die Nachfrage an ökologischer Baumwolle zugenommen,

4 [https://textile-network.de/de/Technische-Textilien/Fasern-Garne/Jahresprognose-welt-weite-Faserproduktion-2018/\(gallery\)/1](https://textile-network.de/de/Technische-Textilien/Fasern-Garne/Jahresprognose-welt-weite-Faserproduktion-2018/(gallery)/1)

5 <https://www.commonobjective.co/article/fashion-and-waste-an-uneasy-relationship>

doch macht diese auch im Jahr 2019 nur knapp 1 % der gesamten Baumwollproduktion aus.⁶

Mit ca. 100 Milliarden neu produzierten Kleidungsstücken pro Jahr hat sich laut Greenpeace die Produktionsmenge im beobachteten Zeitraum zwischen 2000 und 2014 verdoppelt⁷ und gemäss einem Report der Global-Fashion-Agenda muss davon ausgegangen werden, dass der Kleiderkonsum bis 2030 um rund 60 % noch weiter zunehmen wird.⁸

Charakteristisch für Schlüsselprobleme wie dieses ist, dass sie stets in einem Dilemma zu enden scheinen: Der konventionelle Anbau von Baumwolle verbraucht grosse Mengen Wasser und gefährliche Giftstoffe, Textilien aus synthetischen Fasern belasten mit Mikroplastik die Meere, bei tierischen Fasern, wie Wolle und Seide, kommen Bedenken zur artgerechten Tierhaltung hinzu und schliesslich sollen die Kleidungsstücke auch fair produziert worden sein. Gibt es da überhaupt eine Lösung? Gemäss dem Motto »*Transformation – ideenreich querdenken*«, welches vom Organisationsteam des Nachhaltigkeitstages gesetzt wurde, sollte die Aktion dazu anregen, gemeinsam nach Handlungsalternativen zu suchen und durch kreative Ideen zu einem nachhaltigeren Umgang mit Mode und Textilien zu finden. Sich selbst Rechenschaft über die eigenen Handlungsmotive abzulegen, ist nicht immer angenehm. Es braucht schon den ein oder anderen »Stolperstein«, um das Gespräch in Gang zu bringen. Als solcher wurde im Vorfeld eine Sammelstelle für Altkleider im Foyer des PH-Bern-Hauptgebäudes installiert. Auf verschiedenen Euro-Paletten, die je eine Kategorie als Grund für die Entsorgung repräsentierten, konnten während 10 Tagen Kleider deponiert werden (Abb. 9).

Nach etwas zögerlichen Anfängen wuchs bis zum Tag der eigentlichen Aktion schliesslich ein Kleiderberg heran, der die Aufmerksamkeit der Besucherinnen und Besucher auf sich zog.

Was geschieht nun normalerweise mit all den ausgemusterten Kleidern, die in den Containern der Sammelorganisationen wie TEXAID landen? In ihrem Nachhaltigkeitsbericht (2017) informierte die Firma mit Hauptsitz im Schweizer Kanton Uri erstmals seit 40 Jahren detailliert über die Zusammenhänge

6 <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/industriestrukturen/textilindustrie#die-textilindustrie-in-deutschland>

7 https://greenwire.greenpeace.de/system/files/2019-04/s01951_greenpeace_report_konsumkollaps_fast_fashion.pdf

8 <https://globalfashionagenda.com/publications/#>



Abb. 9: Links die Installation vor und rechts während des Nachhaltigkeitstages, © Jahnke.

der Textilverwertung (2017: 6): rund 75 Tonnen Altkleider kommen jährlich im Sammelverbund des Unternehmens zusammen, davon können knappe 60 % als Second-Hand-Ware wiederverwendet werden, 30 % werden stofflich recycelt, z. B. zu Putzlappen und Dämmstoff verarbeitet, etwa 10 % können nur noch thermisch verwertet werden (ebd.: 24). Problematisch sei dabei der steigende Anteil an weggeworfener Billigware aus synthetischen Fasern, die nur schlecht recycelt werden können und sich aufgrund der minderwertigen Qualität nicht für den ReUse-Sektor eignen. Second-Hand-Kleidung zu tragen, senkt den CO₂-Abdruck und hilft, einmal produzierte Kleidung eine möglichst lange Lebensdauer zu gewähren und die Neuanschaffung von textilen Gütern zu vermeiden. Von den 60 % der wiederverwendbaren Altkleider der Sammelcontainer bleibt aber nur rund ein Fünftel zum Weiterverkauf im Inland – der Rest wird exportiert, nach Osteuropa, Asien, Afrika und Amerika (TEXAID, 2017: 27/28).

Die in Bern gesammelten Kleider wurden lokal verwertet. »Tausche Kleider gegen Idee!« – so lautete die Aufforderung an die Besucherinnen und Besucher des Nachhaltigkeitstages. Mehr als 50 Ideen und viele Diskussionen kamen zustande. Die an der Aktion erhobenen Daten umfassen weitere Interviews, welche zurzeit von Masterstudierenden und Mitarbeitenden des FDZ qualitativ ausgewertet werden. Die übriggebliebenen Kleider der Sammelaktion wurden anschliessend den Freiwilligen im Sonnenhaus, im ehemaligen Zieglerspital Bern-Köniz übergeben, sortiert und an die dort lebenden geflüchteten Menschen verteilt.

5 Fazit

Der Beitrag hatte zum Ziel, ein Schlaglicht auf Textilien als technische Erzeugnisse und Systeme zu werfen und ihren Wert für interdisziplinär ausgerichtete Technische Bildung zu reflektieren. Unter der Voraussetzung eines ganzheitlichen Technikverständnisses mit den drei Fähigkeitsdimensionen des Wissens, des Könnens und des Beurteilens, den didaktischen Leitprinzipien des genetischen, handlungs- und problemlöseorientierten Lernens für eine Balance zwischen Sach- und Subjektorientierung und unter Berücksichtigung schulpraktischer Herausforderungen für die Organisation interdisziplinärer Lernumgebungen wurden drei konkrete Anregungen zur Diskussion gestellt.

Der Entwicklungsstand, auf dem sich heute die hochspezialisierten Technikwissenschaften befinden, lässt sich nicht ohne Weiteres auf die Schule übertragen und muss es auch gar nicht, wie die Argumentationslinie in Anlehnung an Wagenschein, Papert und Hromkovič aufzeigt. Wichtiger als das »Mithalten mit der Technik« ist das Verstehen ihrer zentralen Konzepte. Es geht um exemplarische Einsichten und darum, Kinder beim Selbst-Entdecken von Techniklösungen zu begleiten und ihre Neugier zu wecken.

Dass Technik gegenüber den Naturwissenschaften einen eigenständigen Erfahrungs- und Lernbereich bildet, ist ein relativ junger Ansatz, der jedoch für die zukünftige Entwicklung der Technikdidaktik und die Legitimation des Fachbereichs TTG von Bedeutung ist (vgl. dazu Sachs, 2015; Schlagenhauf, 2017). Das soll aber nicht heißen, dass nun alle Konzepte aus anderen Fachdidaktiken über Bord geworfen werden müssen. Wünschenswert wären gemeinsame Gefässe für eine systematische und respektvolle Aufarbeitung des Vorhandenen. Technische Artefakte haben ihren Sinn im Kontext unseres Umgangs mit ihnen, sie können viel Aufschluss geben über uns als Spezies, uns in der Gesellschaft oder uns als Individuum, erst recht, wenn es sich um Produkte eigener Herstellung oder bewusste Konsumententscheidungen handelt. Die Grundlage, auf welcher Technik beurteilt und Entscheidungen getroffen werden, muss sich aus irgendetwas speisen. Das betrifft wissenschaftliche Erkenntnisse wie auch ästhetische Erfahrungen, deren Einflüsse auf technische Lösungen in der gegenwärtigen Forschung noch wenig untersucht worden sind. Eine starre Trennung der Zuständigkeitsbereiche würde bedeuten, die Lernenden bei der Vernetzung sich selbst zu überlassen. Wissenschaftliche, technische und ästhetische Modi der Weltaneignung verschränken und befruchten sich gegenseitig. Ein regelmässiger interdisziplinärer Austausch unter

den Fachdidaktiken, Zusammenarbeit im Bereich der Lehrerinnen- und Lehrerbildung und gemeinsame Forschung über die Art dieser Verschränkungen wären daher unbedingt zu begrüßen.

Lehrpersonen der Volksschule müssen sich in ihrem Unterrichtshandeln auf den Kompetenzaufbau des Lehrplans abstützen oder greifen auf vorhandene Lehrmittel zurück. Durch das Fachverständnis von TTG, zu dem auch die Vermittlung zwischen kulturell-gesellschaftlichen Dimensionen und Sinn- und Wertfragen zählt, ist die potenzielle Schnittmenge mit dem Fach NMG (bzw. mit den Anliegen des Sachunterrichts) vermutlich höher, als explizit im Lehrplan 21 ausgewiesen. Inhaltliche Bezüge zu MI sind wenig vorhanden und werden eher im Sinne von Anwendungskompetenzen z.B. zur eigenständigen Recherche, genannt. Das Potenzial fächerverbindender, aufeinander abgestimmter Aufgabenstellungen scheint in diesem Bereich noch nicht ausgeschöpft.

Literatur

- Beckmann, J. (1846): A History of Inventions, Discoveries and Origins. 4. Aufl. London: Henry G. Bohn. Online unter <https://archive.org/details/ahistoryinventi04beckgoog/page/n10/mode/2up> (17.05.2020).
- Bergau, M. (Hrsg.) (2013): Prisma Naturwissenschaften. 2 [Schülerbd.]: Differenzierende Ausg., Ausg. A. Stuttgart: Klett, 301–303.
- Butterick, E. (1892): The Art of Knitting. London: Butterick Publishing Company. Online unter <https://archive.org> (01.11.2020)
- D-EDK – Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz (2016): Lehrplan 21 – von der D-EDK Plenarversammlung am 31.10.2014 zur Einführung in den Kantonen freigegebene Vorlage. Bereinigte Fassung vom 29.02.2016. Bern: D-EDK.
- Eichelberger, E. & Rychner, M. (2008): Textilunterricht. Lesarten eines Schulfachs. Zürich: pestalozzianum.
- Gaugain, J. (1847): The Lady's Assistant for executing useful and fancy Designs in Knitting, Netting and Crochet Work. Edinburgh: Gaugain. Online unter <https://archive.org> (01.11.2020)
- Giest, H. (2016): Zur Didaktik des Sachunterrichts: aktuelle Probleme, Fragen und Antworten. 2. Auflage. Berlin: Lehmanns Media, 9–15.
- Grömer, K.; Hoffmann-de Keizjer, R. & Rösel-Mautendorfer, H. (2010): Prähistorische Textilkunst in Mitteleuropa: Geschichte des Handwerks und der Kleidung vor den Römern. Wien: Naturhistorisches Museum Wien.

- Hromkovič, J. et al. (2019): Teaching with LOGO Philosophy. In: Tatnall, A. (Hrsg.), *Encyclopedia of Education and Information Technologies*. Cham: Springer International Publishing, S. 1–9. https://doi.org/10.1007/978-3-319-60013-0_76-1.
- Hromkovič, J. & Lacher, R. (2017): The Computer Science Way of Thinking in Human History and Consequences for the Design of Computer Science Curricula. In: Dagienė, V. & Hellas, A. (Hrsg.), *Informatics in Schools: Focus on Learning Programming*. Cham: Springer International Publishing, S. 3–11. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71483-7_1.
- Hromkovič, J.; Serafini, G. & Staub, J. (2017): XLogoOnline: A Single-Page, Browser-Based Programming Environment for Schools Aiming at Reducing Cognitive Load on Pupils. In: Dagienė, V. & Hellas, A. (Hrsg.), *Informatics in Schools: Focus on Learning Programming*. Cham: Springer International Publishing, S. 219–231. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71483-7_18.
- Hübner, K. (2006): 150 Jahre Mauvein. *Chemie in unserer Zeit*, 40(4), 274–275. <https://doi.org/10.1002/ciuz.200690054>.
- Hüttner, A. (2018): Förderung von Kreativität im Technikunterricht der Sekundarstufe. In: Haas, R.; Jeretin-Kopf, M. & Wiesmüller, C. (Hrsg.), *Technische Kreativität. Interdisziplinäre Aspekte der kreativen Technikgestaltung*. 1. Aufl. Stuttgart: Steinbeis-Edition, 122–165.
- Kreis, G.; Wartburg, B. von & König, M. (Hrsg.) (2016): *Chemie und Pharma in Basel*. Basel: Christoph Merian Verlag.
- Little, B. (2018): »Die tödliche Mode des 19. Jahrhunderts«. *National Geographic*. Online unter <https://www.nationalgeographic.de/geschichte-und-kultur/2018/10/die-toedliche-mode-des-19-jahrhunderts> (17.05.2020).
- Lueger, O. (1910): »Wirkerei [1]«. In: Lueger, O. (Hrsg.), *Lexikon der gesamten Technik und ihrer Hilfswissenschaften*. Band 8. Online unter <http://www.zeno.org/nid/20006149472> (17.05.2020).
- North, N.D. (1891): The Development of American Industries since Columbus. VI. The Evolution of Wool Spinning and Weaving. *The Popular Science Monthly* 39, 289–314. Online unter <https://archive.org> (01.11.2020)
- Rast-Eicher, A. & Dietrich, A. (2015): Neolithische und bronzezeitliche Gewebe und Geflechte. Die Funde aus den Seeufersiedlungen im Kanton Zürich. Zürich: Baudirektion Kanton Zürich.
- Rieff Anawalt, P. (Hrsg.) (2007): *Weltgeschichte der Bekleidung: Geschichte, Traditionen, Kulturen*. Bern: Haupt.
- Ropohl, G. (2009): *Allgemeine Technologie: eine Systemtheorie der Technik*. 3., überarbeitete Auflage. Karlsruhe: Universitätsverlag Karlsruhe. https://doi.org/10.26530/OAPEN_422388.
- Sachs, B. (2015): Technische Bildung in der Naturwissenschaftsfalle!? *tu – Zeitschrift für Technik im Unterricht* 156, 5–18.

- Sachs, H. & Amman, J. (2005): Eygentliche Beschreibung aller Stände auff Erden, hoher und nidriger, geistlicher und weltlicher, aller Künsten, Handwercken und Händeln: ec. vom grösten biß zum kleinsten, auch von irem Ursprung, Erfindung und Gebreuchen. Unveränd. Nachdr. d. Originalausg. 1568. Leipzig: Ed. Leipzig.
- Schlagenhauf, W. (2017): Technische Bildung heute. Ein Strukturmodell als Diskussionsgrundlage. *tu – Zeitschrift für Technik im Unterricht* 163, 5–16.
- Schlagenhauf, W. & Wiesmüller, C. (2018): Anliegen und Grundzüge Allgemeiner Technischer Bildung. Grundsatzpapier Nr. 1. Berlin.
- Schneider, B. (2007): Textiles Prozessieren: eine Mediengeschichte der Lochkartenweberei. 1. Auflage. Zürich Berlin: Diaphanes.
- Staub, J.; Barnett, M. & Trachsler, N. (2019): Programmierunterricht vom Kindergarten bis zur Matura in einem Spiralcurriculum. *Informatik Spektrum*, 42(2), 102–111. <https://doi.org/10.1007/s00287-019-01161-6>.
- Stuber, T. (Hrsg.) (2015): Werkweiser für technisches und textiles Gestalten: Handbuch für Lehrkräfte. 2: 3. bis 6. Schuljahr. 7. unveränd. Aufl. Bern: Schulverl. plus, 95 ff.
- Stuber, T. (Hrsg.) (2018): Freizeit, Mode, Wohnen: Handbuch für Lehrpersonen. 1. Auflage. Bern: hep.
- TEXAID (Hrsg.) (2017): Nachhaltigkeitsbericht 2017. Online unter <https://www.texaid.ch/nachhaltigkeitsbericht-2017/> (17.05.2020).
- Wagenschein, M. (1999): Verstehen lehren. Genetisch – Sokratisch – Exemplarisch. Weinheim: Beltz Verlagsgruppe.
- Wandschneider, D. (2020): Technik. Berlin, Boston: De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110623697>.

Autorin

Elisabeth Jahnke

Assistentin am Institut Vorschulstufe und Primarstufe sowie am Fachdidaktikzentrum der Pädagogischen Hochschule Bern, Lehrperson für Primarstufe
Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Erziehungs- und Sozialwissenschaften, allgemeine Didaktik und Fachdidaktiken TTG / Medien & Informatik

Fabrikstrasse 8, CH-3012 Bern, Raum D231

elisabeth.jahnke@phbern.ch

Kapitel VI

Die Anwendung des Begriffs Technik bzw. Technische Bildung an Rudolf-Steiner-Schulen respektive Waldorfschulen

Gerwin Mader

Abstract

»Lebenskunde muss aller Unterricht geben ...«, so formulierte es Rudolf Steiner in einem Vortrag im Frühjahr 1919. Lebenskunde im eigentlichen Sinne beginnt an den Rudolf-Steiner-Schulen erstmals ums neunte Lebensjahr mit einer sogenannten »Sachkunde-Epoche«. Da erfahren und erleben die Kinder von der Arbeit auf dem Bauernhof, von Handwerksberufen und vom Hausbau. Später kommen Chemie, Geologie, Physik hinzu, eine Steigerung von Klasse zu Klasse in Verbindung mit dem Handwerklichen bis hin zur Technologie. Durch diesen Unterricht sollen die SchülerInnen die technische Umwelt immer besser verstehen und in einigen Beispielen voll durchschauen lernen.

1 Einleitung

Sieht man sich den Lehrplan der Rudolf-Steiner-Schulen respektive Waldorfschulen unter dem Gesichtspunkt Technologie an, so lassen sich Parallelen erkennen zu den Artes mechanicae, den 7 praktischen Künsten, die schon im frühen Mittelalter beschrieben wurden. Der Gelehrte Johannes Scottus Eriugena teilte sie ein in:

vestiaria (Bekleidungshandwerk) / *agricultura* (Landwirtschaft) / *architectura* (Bauhandwerk, Maurerhandwerk, Schreinerei) / *militia und venatoria* (Kampfkunst, Waffenkunde, Jagdhandwerk) / *mercatura* (Handel und kaufmännische Tätigkeiten) / *coquinaria* (Kochkunst) / *metallaria* (Schmiedehandwerk).

Fast identisch finden sich diese Themen wieder an den Rudolf-Steiner-Schulen in den praktischen Unterrichtsfächern Handarbeit, Bauernhof und Landwirtschaft, Handwerk, Informatik, Wirtschaft, Ernährungslehre und Schmieden.

Im Bereich der Technik ging es Rudolf Steiner vor über 100 Jahren vor allem um das »Hantieren«, das konkrete, handelnde Sicherheit-Gewinnen mit dem, was die fortgeschrittene Technik zu jener Zeit zu bieten hatte (damals z. B. Spinnerei und Dampfmaschine). Wenn wir heute einen besonderen Blick auf die Informationstechnologie richten, dann verstehen wir das als die direkte Fortführung der damaligen Grundintention, die Schule zum Ort von lebenspraktischer Bildung zu machen, indem wir dem heranwachsenden Menschen die Gelegenheit geben, Sicherheit und Selbstbewusstsein zu entwickeln und ihm die nötige Erfahrung zu vermitteln, um in der modernen Welt mitreden, urteilen und verantwortlich zeitgemäss handeln zu können.

1.1 Begründung der Themenwahl

Dreh- und Angelpunkt in der Steinerschulpädagogik resp. Waldorfpädagogik ist das Erfassen der »Bedeutsamkeit« des jeweiligen Unterrichtsstoffs. Die Lehrperson, die auf der Basis der Waldorfpädagogik unterrichtet, stellt sich dabei zwei grundlegende Fragen:

- 1) In welchem Lebensalter wird ein bestimmter Unterrichtsinhalt angeboten, damit dieser auch zum Entwicklungsanstoss (emotional, kausal, ethisch und haptisch) für das Kind werden kann?
- 2) Wie stimme ich die im Kind innewohnenden und beobachtbaren Entwicklungskräfte mit den von mir selber innerlich durchdrungenen Unterrichtsinhalten so ab, dass ein gesunder Zusammenklang entsteht, der das Selbstvertrauen und die Selbstwirksamkeit des Kindes stärkt?

Auf dem Gebiet »Technikunterricht an Rudolf-Steiner-Schulen« gibt es nur wenig Literatur, die umfassend die einzelnen Anwendungsbereiche beschreibt. Einzelne Aussagen Rudolf Steiners (1861–1925) werden in Fachkreisen gelegentlich zitiert, um dem Ursprung dessen nachzugehen, was Steiner meinte, wenn er von *Lebenskunde* sprach, der allem Unterricht zugrunde liegen müsse. Diese Lebenskunde, die alle Unterrichtsfächer durchdringen soll, wird in Einrichtungen mit anthroposophischem Hintergrund stets in Verbindung gebracht mit den am Kind ablesbaren Entwicklungsstufen.

1.2 Beschreibung der Ausgangslage und der Frage

Der Autor selbst hat eine technische Ausbildung in einem dualen System durchlaufen mit Grundausbildungen in metallhandwerklichen, elektrotechnischen, elektronischen und zeichnend planerischen Bereichen. In seiner über 20-jährigen Lehrtätigkeit an Rudolf-Steiner-Schulen/Waldorfschulen konnte dieses Vorwissen zu einer angewandten praktischen Lebenskunde für die Altersstufen 7 bis 16 Jahre umgewandelt werden. Die Frage wie »Technische Bildung« nun an den Rudolf-Steiner-Schulen angewandt wird, ist sicherlich von Einrichtung zu Einrichtung, von Kultur zu Kultur verschieden, doch lassen sich Grundmotive festhalten, wie an zwei konkreten Beispielen im Weiteren aufgezeigt wird. Der Frage soll nun nachgegangen werden, wie »Technische Bildung« in den Rudolf-Steiner-Schulen praktiziert wird und welche Gründe für konkrete Schwerpunkte angeführt werden.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Methodischer Ansatz

»Die Waldorfpädagogik knüpft im Bereich der Technik an Goethes Erkenntnisart an, so wie es Rudolf Steiner philosophisch begründet und weiterentwickelt hat. Die Würdigung zu beobachtender Naturphänomene ist die eine Säule des Erkenntnisgebäudes; diese bilden nicht nur den Ausgangspunkt zur Bildung von Formeln und Theorien, sondern sie stellen selbst schon Erkenntnisinhalt dar. Hinzu tritt als zweite Säule das Denken, das die Phänomene mit Begriffen zusammenführt. Dabei bemüht sich der Goetheanismus, die Begriffe den Phänomenen behutsam zu nähern, ohne die letzteren wegzudiskutieren. Die erste, entscheidende Tätigkeit des technischen Denkens besteht dann darin, die Phänomene zu ordnen, dass in der Ordnung die dazugehörigen Begriffe erfasst werden können. Goethe gebrauchte dazu die Worte: »Man suche nur nichts hinter den Phänomenen, sie selber sind die Lehre.« (Georg Kniebe im Vorwort H.v. Baravalle, 1993)

Während des über drei bis vier Wochen (sogenannte Epochen) dauernden täglichen zweistündigen Hauptunterrichts wird dabei an den Steinerschulen ein etablierter methodischer Dreischritt¹ angewandt:

1 Rudolf Steiner 9. Vortrag vom 30.08.1919 »Allgemeine Menschenkunde«

- a) Wahrnehmen des Experiments (bzw. mehrerer Experimente) – Beobachtungen und Gedankenschlüsse vollziehen, sich mit dem Thema verbinden
- b) Wiederholen der Abläufe, Zeichnen, Aufschreiben, Reflektieren der selbst erlebten Emotionen in Einzelarbeit, Austausch in Tandems, kooperative Verständnisabklärung und Individualisieren des Unterrichtsstoffs
- c) Am nächsten Tag sich bewusst werden, welche neuen Gedanken aus sich selbst heraus zum Thema ergänzt werden können, sogenanntes selbstverantwortliches kooperatives Arbeiten am Thema, das schliesslich im Formulieren von sich ableitenden Gesetzmässigkeiten mündet.

Bei diesen drei Schritten ist die Abfolge zu beachten, dass die Nacht als unbewusstes »Nachtlernen« miteinbezogen wird. Am Ende des Lernprozesses sind lebendige Begriffe zu bilden und keine starren Definitionen. Stets soll bei allem Unterricht darauf geachtet werden, dass die begrifflichen Zuordnungen zu den Inhalten sich im Laufe des Lebens mitändern/mitwachsen können. Das soll den Menschen offen für die sich im Laufe des Lebens verändernden Lebensumstände machen und ihm die Flexibilität geben, darauf kreativ zu reagieren. Der Gedanke der Metamorphose von lebendigen Prozessen spielt dabei eine grosse Rolle!

2.2 Das Lebenslernen

»Dasjenige, worauf es ankommt, das ist, dass wir eine Pädagogik finden, wo gelernt wird zu lernen. Zu lernen sein ganzes Leben hindurch vom Leben. Es gibt nichts im Leben, wovon man nicht lernen kann. Wir stünden auf einem anderen Boden heute, wenn die Menschen gelernt hätten, zu lernen« (Steiner, 1991: 119f.).

Menschen lernten in vergangenen Zeiten, als es die Institution Schule noch gar nicht gab, vom Leben selbst. Diese Form des Lernens vom Leben und Lernen im Leben führte zu einer gewissen Lebenstüchtigkeit von Gesellschaften. An diese frühe Form des Lebenslernens knüpft Thomas Stöckli in seiner Dissertation *»Lebenslernen: Ein zukünftiges Paradigma des Lernens als Antwort auf die Bedürfnisse heutiger Jugendlicher«* (Stöckli, 2011) an. Er beschreibt dabei die Entwicklung des Begriffs »Lebenslernen« als eine Grundidee des Lernens. Es soll nicht als eine abstrakte neue Idee auftreten, sondern als eine allgemein nachvollziehbare menschliche Erfahrung, die die Kraft hat, auch schulische Strukturen von innen her zu verändern und eine Weiterentwicklung anzu-

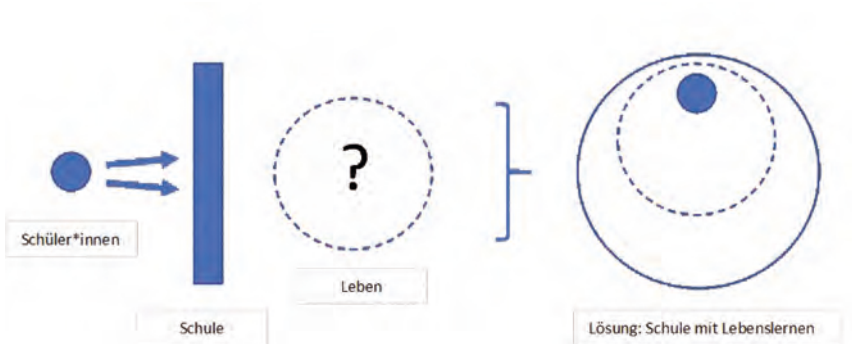


Abb. 1: Schule und Perspektive aufs Leben (nach Stöckli 2011).

stossen. Er bezeichnet dies als das *Lernparadigma der Zukunft* und hat dazu Abbildung 1 entworfen.

In den Steinerschulen wird seit der Gründung 1919 der ersten Freien Waldorfschule in Stuttgart versucht, das Lernen und vor allem das Lebenslernen in seiner Vielschichtigkeit als eine Grundhaltung des Lebens zu entwickeln. Klaus Fintelman, der Pionier einer Gesamtschule auf Basis der Waldorfpädagogik mit integriertem Lebenslernen in der Mitte des 20. Jahrhunderts, bestätigte in seinen Forschungsergebnissen den positiven Ansatz des Lebenslernens und spricht dabei von einem Lehrplan als Gesamtkunstwerk und verband in ihm Theorie, Praxis und Kunst (Fintelman, 1991: 125).

3 Praxisbeispiele der Rudolf-Steiner-Schule

3.1 Beispiel 1: Hausbau-Epoche

An Rudolf-Steiner-Schulen findet nach Möglichkeit in der 3. Klasse eine sogenannte »Bau-Epoche« statt, die sich über einen längeren Zeitraum (3–6 Wochen) erstreckt. Dies ermöglicht ein Thema über einen längeren Zeitraum zu behandeln, es zu vertiefen und den Kindern die Möglichkeit zu geben, Neues zu entdecken. Indem das Kind beim Hausbau das Fundament aushebt, die Pfosten hobelt und aufrichtet, das Dach deckt usw. verbindet es sich intensiv durch die eigene Tätigkeit mit dem Unterrichtsinhalt. Das eigene unmittelbare Erleben in der Auseinandersetzung mit der Materie bildet eine solide, gesunde Grundlage für die eigene Entwicklung. Zum Beispiel errichtete eine Rudolf-



Abb. 2: Spielhaus (© Rudolf-Steiner-Schule Oberraargau).

Steiner-Schule im Oberraargau auf dem Spielplatz Haldeli als Geschenk für die Bürgergemeinde ein Spielhaus (siehe Abb. 2, URL: <https://www.youtube.com/watch?v=Fz4r5kTUQ70>).

Das gemeinsame, schöpferische Tätigsein von Kindern, Eltern und Lehrpersonen für andere galt als tragender Leitimpuls von der Planungsphase bis zur Fertigstellung und Übergabe an den Gemeindepräsidenten. »Sich ein eigenes Haus bauen« – damit ist auch gemeint, an seiner eigenen Leiblichkeit mitgestalten – gibt Selbstvertrauen sich in seinem Körper neu zu beheimaten. In der modernen Entwicklungspsychologie, in der Forschungsprogramme

und Theorien eingebettet sind in Menschenbildhypothesen, wird ein Vorverständnis geschaffen, unter welchem Blickwinkel Entwicklungsbeobachtungen stehen. In dieser Latenzphase (nach Freud wird das Selbstwertgefühl gestärkt zwischen dem 7. bis 12. Lebensjahr) beginnt das Kind vieles in Frage zu stellen, sich spürbar von seiner Umgebung zu distanzieren, unsicherer zu werden im Umgang mit anderen, und durch das Sich-Lösen von alten Gewohnheiten nach neuen Sicherheiten zu streben. Es werden Menschen gesucht, die ganz im Leben stehen und tätig sind, zu denen sie aufblicken können; in diesem Zeitraum (um das 9. Lebensjahr) kann der Unterrichtsstoff »Alte Handwerke (Urberufe), Hausbau und Bauernhof« ein wesentlicher Begleiter sein, um diesen Entwicklungsschritt in angemessener Weise zu begleiten. Auf diesen Erfahrungen und Erkenntnissen aus der Hausbauepoche wird später der Physikunterricht (z. B. das Hebelgesetz) aufgebaut.

3.2 Beispiel 2: Technikunterricht Hebel – speziell am Beispiel Flaschenzug

Im Alter zwischen 12 und 13 Jahren (7. Klasse) wird dem Fach Mechanik ein grosser Wert beigemessen, beginnend mit dem Thema Hebel und dessen Gesetzen bis hin zum Flaschenzug, der eine kombinierte Steigerung der Hebelkräfte in sich vereint.

Grosses Erstaunen erregt bei den SchülerInnen, wenn zu Beginn eines neuen Unterrichtsepoenthemas ein 20 kg schwerer Sack vor dem Schulhaus steht und die Frage gestellt wird, wer es schafft, diesen Sack zu heben bzw. gar in den ersten Stock zu tragen? Da gibt es etliche starke SchülerInnen, die sich daran versuchen, sich plagen und überlegen, wie das einfacher gehen könnte. Nach einigen Versuchen kann z. B. ein/e kleine/r DrittklässlerIn herbeigerufen werden, die/der an einem Seil mittels Flaschenzug den schweren Sack mühelos nach oben zieht. Wo liegt das Problem, fragt nun diese/r SchülerIn in die staunende Menge!

Schon ist das Unterrichtsthema lanciert, das Interesse der SchülerInnen wurde geweckt und anhand der ersten Erlebnisse wird das Thema Mechanik täglich schrittweise vertieft und erkenntnismässig durchdrungen. Dabei werden sieben Lernschritte konsequent verfolgt:

wahrnehmen – sich verbinden – verarbeiten – individualisieren – üben – anwenden – Neues schaffen



Abb. 3: Mechanischer Flaschenzug (aus der Ausstellung »Leonardo da Vinci und sein Werk« Solothurn 2017) (© Mader).

Vom einfachsten einarmigen Hebel zur Winde und schiefen Ebene bis zur Schraube und dem Zahnrad, überall wirken Kräfte und Hebelgesetze, die durch eigenes Tun und Beobachten einerseits verstanden werden und andererseits auch durchfühlt werden sollten. »Wenn ihr's nicht erföhlt, ihr werdet's nie erjagen!« (Faust 1, Goethe 1808). Das Sich-Einföhlen in die Spannungen der wirklichen Dinge (gebogener Balken) föhrt zum Durcharbeiten der konkreten Erlebnisse mit allen Sinnen. Dieses Geföhln wird nach einem Versuch charakterisiert und schliesslich mit der Vorstellung durchdrungen. Der ganze Mensch kommt ins Spiel, denn von der Handlung (im Tun) schreitet die Erhellung über das Geföhln zum unterscheidenden Denken. Das Einbeziehen des Geföhlns, seine Differenzierung an Versachlichung ist in diesem Lebensalter ein erzieherisch Beabsichtigtes.

Eine besondere Anwendung des Hebelgesetzes finden wir als Höhepunkt des ersten Mechanikunterrichts beim Flaschenzug (vgl. Abb. 3). Zwischen fester und loser Rolle zu unterscheiden, dabei die Bewegungsverlangsamung und Erhöhung der Kraft zu durchdringen, erfordert ein gehöriges Mass an Denkkraft. Wie schon beim Hebel erfahren, geht die Kraftvermehrung aber auf

Kosten des Weges. Es muss zwar doppelt so viel Seil eingeholt werden bei einer Verwendung der losen Rolle, doch nur halb so viel Kraft aufgewendet werden, um das Gewicht zu heben.

Der Flaschenzug ist lediglich eine Aneinanderreihung von gleichviel losen und festen Rollen, jede Art in einem eigenen Achslagerblock, in der Seefahrt »Flasche« genannt, gelagert. Ausformuliert anhand der selbstgemachten Beobachtung hält man fest: »Wird durch einen Mechanismus eine Bewegung in einem bestimmten Verhältnis verlangsamt, so wird gleichzeitig die auftretende Kraft im umgekehrten Verhältnis vergrößert.«

Während wir mit Hebel, Wellrad und Seilrolle zu zahlenmässigen Gesetzen kommen, würde dies an der schiefen Ebene für dieses Lebensalter zu weit führen.

4 Fazit

Anhand dieser beiden Beispiele soll exemplarisch ein Weg aufgezeichnet werden, wie das Thema Mechanik zu dem derzeitigen Digitalisierungsprozess einen Ausgleich schafft. Einzelne Abläufe können verfolgt (beobachtet), gefühlsmässig durchdrungen (seelisch miterlebt) und kognitiv kausal anhand der Vorstellungen im Denken verknüpft werden. Das Sich-Verbinden von Lehrpersonen wie von SchülerInnen mit den Vorgängen einer immer stärker werdenden technisierten Welt verlangt von den PädagogInnen eine geschickte Herangehensweise an die Aufgabenstellungen und eine kompetente Urteilsfähigkeit in der Unterrichtsstoff-Auswahl.

Unterricht wird zu Menschenbildung!

Literatur

- Fintelmann, K. (1991): Hibernia. Modell einer anderen Schule. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Richter, T. (2006): Pädagogischer Auftrag und Unterrichtsziele – vom Lehrplan der Waldorfschule. 2. Aufl., Stuttgart: Verlag Freies Geistesleben.
- Schumann, S.; Favre P. & Mollenkopf, A. (2019): Green, Outdoor and Environmental Education. Düren: Shaker Verlag

- Steiner, R. (1980): Allgemeine Menschenkunde als Grundlage der Pädagogik. 8. Auflage. Dornach: Rudolf Steiner Nachlassverwaltung.
- Steiner, R. (1986): Menschenerkenntnis und Unterrichtsgestaltung. Bd. 302 GA. 5. Auflage. Dornach: Rudolf Steiner Verlag.
- Steiner, R. (1991): Geisteswissenschaftliche Behandlung sozialer und pädagogischer Fragen. Bd. 192 GA, 2. Auflage. Dornach: Rudolf Steiner Verlag.
- Stöckli, T. (2011): Lebenslernen. Berlin: Universitätsverlag der TU Berlin.
- Thomas, R. & Brodbeck, H. (2019): Steinerschulen heute. 1. Aufl., Basel: Zbinden Verlag
- von Baravalle, H. (1993): Physik. Band 1. Stuttgart: Verlag Freies Geistesleben.
- von Baravalle, H. (1996): Physik. Band 2. Stuttgart: Verlag Freies Geistesleben.
- von Mackensen, M. (1992): Klang, Helligkeit und Wärme. Kassel: Kooperative Dürnau GmbH & Co.

Abbildungsnachweis

- Abbildung 1: Schule und die Perspektive aufs Leben, Lebenslernen T. Stöckli 2011: S. 241
- Abbildung 2: Spielhaus, Mitteilungen der Rudolf Steiner Schule Oberraargau Herbst 2019, Nr. 135
- Abbildung 3: Mechanischer Flaschenzug, eigene Quelle von der Ausstellung 2017 in Solothurn »Leonardo da Vinci und sein Werk«

Autor

Gerwin Mader, Ing.

Co-Leitung der Akademie für anthroposophische Pädagogik in Dornach

Praxisleitung, Marketing, Management

Schmiedestrasse 3, 4512 Bellach

g.mader@afap.ch

Kapitel VII

Entwicklung von Making-Unterricht in der Volksschule

Lorenz Möschler

Abstract

Wie kann Making im Unterricht der Volksschule erfolgreich umgesetzt werden? Welche didaktischen Ansätze eignen sich dafür, welche Hilfen und Unterstützungen brauchen Lehrpersonen und welche Geräte, Tools und Materialien bewähren sich? Diesen Fragen wird im Entwicklungsthema »making@school« nachgegangen. In einer mehrjährigen Weiterbildungsveranstaltung erlangen Lehrpersonen und Weiterbildende Erkenntnisse, tauschen Erfahrungen aus und entwickeln kreativ Unterrichtsszenarien. Daraus resultieren Empfehlungen für Schulen und Erkenntnisse werden in Weiterbildungen weitergegeben.

1 Entwicklungsthemen

1.1 Ausrichtung

Mit den Entwicklungsthemen schlägt imedias, die Beratungsstelle Digitale Medien in Schule und Unterricht der Pädagogischen Hochschule (PH) der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW), eine Brücke in die Schulpraxis (siehe imedias.ch). An vier Nachmittagen pro Jahr werden mit Lehrpersonen Unterrichtsmethoden und didaktische Ansätze, Unterrichtsideen sowie Hard- und Software besprochen und neue Ideen und Vorhaben entwickelt. Für die Umsetzung benötigte Infrastruktur kann von den Teilnehmenden für ihre Vorbereitung und Verwendung im Unterricht kostenlos ausgeliehen werden. Im Gegenzug bereiten die Lehrpersonen ihre Erkenntnisse und Erfahrungen aus dem Unterricht so auf, dass sie für die Weiterentwicklung bestehender Weiterbildungsangebote beitragen und zu Unterrichtseinheiten aufbereitet werden können, um sie für andere in Weiterbildungsangeboten von imedias und online auf mia4u.ch zugänglich zu machen. Das Angebot der Entwicklungsthemen wird laufend angepasst und deckt momentan folgende Bereiche ab:

- Making
- Games und Gamification
- Informatik
- Lernen mit mobilen Geräten
- Online Kommunizieren

1.2 making@school

Im Entwicklungsthema »making@school« werden Unterrichtsideen entwickelt, welche den Making-Ansatz in die Volksschule bringen sollen. Dabei werden mögliche didaktische Ansätze für den Making-Prozess ins Zentrum gerückt und neben herkömmlichen handwerklichen Verfahren soll der Einsatz digitaler Technologien wie 3D-Drucker oder Schneideplotter, aber auch Mikrocontrollerplattformen und entsprechende Software ermöglicht werden. So werden Ansprüche der Medienbildung, der Informatik, der gestalterischen und naturwissenschaftlichen Fachbereiche verbunden.

2 Making

2.1 Begriffsklärung

»Making« heisst: Gestalten, herstellen, basteln, werken, konstruieren und auch reparieren mit analogen und insbesondere mit digitalen Technologien. Das kann eine einfache LED-Taschenlampe oder ein Handybeamer, ein T-Shirt mit temperaturabhängiger LED-Beleuchtung oder eine Nachttischlampe mit Dämmerungsschalter sein. Auch Roboter, welche dank Sensoren Hindernisse umfahren oder ein Schrittzähler können entstehen. Beim »Making« werden digitale Werkzeuge wie 3D-Drucker, Lasercutter oder Schneideplotter ebenso wie Säge, Feile und Zange bewusst eingesetzt. Mit unterschiedlichsten Materialien, mit elektrischen und elektronischen Bauteilen und mit Microcomputern, werden einzigartige und individuelle Gegenstände erschaffen.

»Making sind Aktivitäten, bei denen jede/r selbst aktiv wird und ein Produkt, ggf. auch digital, entwickelt, adaptiert, gestaltet und produziert und dabei (auch) digitale Technologien zum Einsatz kommen. Making-Aktivitäten sind dabei soziale Aktivitäten, die häufig in speziellen Werkstätten, z. B. den Fablabs, Makerspaces, Hackerspaces u. a., und unter Berücksichtigung ökologischer und gesellschaftlicher Gesichtspunkte, z. B. als

Upcycling oder im Repair-Café, durchgeführt werden.« (Schön, Ebner & Narr, 2016).

Beim Making geht es ums »Machen«, insbesondere ums »Selber machen«. Nicht nur deshalb gilt die »Do-It-Yourself«-Bewegung, die ihren Anfang in den 1950-ern hat, als Vorlage der Maker-Bewegung, die sich in Mitmach-Werkstätten, Mitmach-Aktivitäten, Mitmach-Messen (sog. Maker Fares) oder im Austausch auf Webplattformen manifestiert. Dabei werden von Mark Hatch (2013) neun Prinzipien als besonders wichtig in seinem »The Maker Movement Manifesto« hervorgehoben: Make, Share, Give, Learn, Tool up, Play, Participate, Support, Change.

2.2 Lernen mit- und voneinander

Nichts Geringeres als das Verbessern der Welt hat sich die Maker-Bewegung zum Ziel gesetzt. Um diesem Ziel näher zu kommen, wird dem Austausch, dem Teilen und Geben von Ideen, Erkenntnissen, Erfahrungen oder Produkten besondere Bedeutung beigemessen. Dieser Fokus auf Kollaboration ist vor allem der Überzeugung geschuldet, dass die Probleme dieser Welt nicht alleine, sondern nur in der Gemeinschaft gelöst werden können. Kollaboration und Austausch finden dabei global über entsprechende Webplattformen, regional an Maker Fares oder lokal in Makerspaces oder Fablabs statt. Natürlich steht so auch das Lernen im Fokus, besonders das Lernen von und mit anderen.

2.3 Making in der Schule

Making-Unterricht bedeutet eine Orientierung an einer konstruktivistischen Didaktik: »Erfolgreiches Lernen ist ein aktiv-konstruierender, auf eigenem Vorwissen aufbauender, selbstregulierter und sozialer Prozess« (Reusser, 2016). Darüber hinaus wird im Making-Unterricht insbesondere der konstruktionistische Lernansatz in den Vordergrund gestellt, der das Herstellen und Gestalten von Produkten als besonders lernförderlich betrachtet. Dies bedingt andere, als die in der Volksschule oft anzutreffenden instruktiven Vermittlungsmethoden. »The role of the teacher is to create the conditions for invention rather than provide ready-made knowledge« (Papert, 1993). Insofern muss zwingend ein Paradigmenwechsel stattfinden, sollte die Unterrichtsvorstellung und die Rolle der Lehrperson an eine

eher konservative Pädagogik und an ein traditionelles Rollenbild geknüpft sein. Dafür bietet sich der Making-Ansatz im schulischen Umfeld insofern besonders an, als dass den Forderungen nach Kompetenzorientierung wie in kaum einem anderen schulischen Setting nachgekommen werden kann: In einer projektartigen Unterrichtssituation wählen die Schüler*innen, im besten Falle selber, ein Vorhaben nach eigenem Interesse und erarbeiten sich während der Arbeit an diesen Vorhaben verschiedenste Kompetenzen. Dabei gehören Fehler, Umwege und auch das Scheitern dazu und machen den individuellen Lernprozess für die Schülerinnen und Schüler greifbar und nachhaltig. Zudem können überfachliche Kompetenzen, wie soziale, personale und methodische Kompetenzen, aber auch Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) und Anwendungskompetenzen Medien und Informatik (D-EDK, 2014) in einem Making-Unterricht erarbeitet werden. Ausserdem ist es eine geeignete Möglichkeit, fächerverbindend zu arbeiten, vereinen sich im Making-Unterricht doch technische, gestalterische, mediale, informatische, naturwissenschaftliche, mathematische und auch sprachliche Themen. So lernen Schülerinnen und Schüler im Making-Unterricht, wie Dinge des Alltags aufgebaut sind, wie sie prinzipiell funktionieren und wie sie repariert werden könnten. Verständnis für die Funktionsweise der im Alltag omnipräsenten Dinge, kreatives Problemlösen, miteinander und voneinander Lernen, Übernehmen von Verantwortung für sein eigenes Tun und für die Welt und die Menschen darin, handwerkliche Fertigkeiten und die Anwendung und Bedienung unterschiedlicher digitaler und nicht-digitaler Geräte werden so selbstverständlich erarbeitet und geübt.

2.4 Didaktische Ansätze

Im eThema »making@school« werden grundsätzlich zwei didaktische Ansätze thematisiert, verfolgt und in Unterrichtssituationen umgesetzt:

- Lernprozessmodell zur Entwicklung kompetenzorientierter Aufgabensets – LUKAS (Luthiger, Wilhelm und Wespi, 2014). Dabei wird eine kompetenzorientierte Aufgabe aus vier Teilaufgaben bestehend modelliert: Konfrontationsaufgabe, Erarbeitungsaufgabe, Übungsaufgabe und Transferaufgabe.
- WILMA – Wir lernen durch machen (Hammer et al., 2018). Dabei handelt es sich um einen methodischen Baukasten für eine Erfinderwerkstatt, welchem der Design Tinking-Ansatz zugrunde liegt (vgl. z. B. Design Thinking for Educators, IDEO, 2012). Der Ablauf einer Making-Aktivität beinhaltet

demnach Recherche, Ideenfindung, Skizzieren, Machen, Teilen und Reflektieren, wobei während dem »Machen« der iterative Prozess wichtig, also Scheitern ausdrücklich erlaubt und das Lernen aus Fehlern erwünscht bzw. Bedingung ist.

Weiter stehen mit den »21 Century Skills« die Forderungen nach Fähigkeiten wie Kreativität, Kommunikation, Kooperation und kritisches Denken im Raum. Die auch als 4K bezeichneten Kompetenzen können in einem Making-Unterricht erarbeitet und geübt werden, werden im Projekt zum Thema und werden explizit im Unterricht der teilnehmenden Lehrpersonen gefördert. Zusätzlich wird auf das Konzept der reichhaltigen Lernaufgaben (Adamina et al. 2015) eingegangen und in der Planung und Umsetzung von Making-Unterricht berücksichtigt und explizit gemacht.

Die zwei didaktischen Ansätze, deren möglichen Zusammenhänge, der Stellenwert der 4K-Kompetenzen und das Konzept der reichhaltigen Lernaufgaben werden in Abbildung 1 veranschaulicht: Im obersten Balken wird mit dem grauen Pfeil der lineare Ablauf der einzelnen Schritte während eines Making-Prozesses symbolisiert (für ausführliche Beschreibungen der Phasen im Making-Prozess vgl. Hammer et al., 2018) und die grünen Pfeile stellen mögliche Iterationen innerhalb eines Making-Prozesses dar. An dieser Stelle

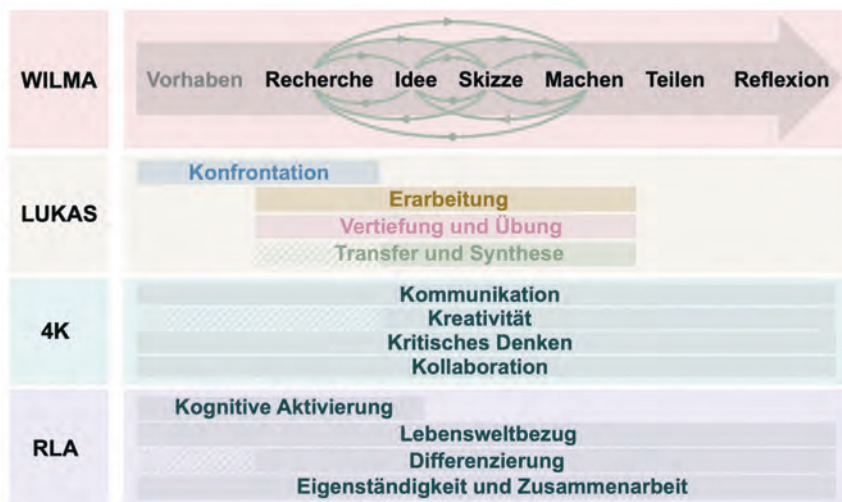


Abb. 1: WILMA, LUKAS, 4K-Kompetenzen und das Konzept der reichhaltigen Lernaufgaben im Making-Prozess.

ist zu erwähnen, dass das Finden des Vorhabens im schulischen Bereich wohl oft in der einen oder andere Art vorgegeben sein wird, weshalb diese Phase ausgegraut dargestellt ist. Unten anschliessend werden die vier Bereiche des LUKAS-Modells in den Making-Prozess eingeordnet, wobei der ganze Making-Prozess als eine Lernaufgabe betrachtet wird. So findet zwar nur eine Konfrontation statt, jedoch finden in den Phasen »Recherche«, »Idee«, »Skizze« und »Machen« in der Regel mehrfaches Erarbeiten, Vertiefen und Üben sowie vielfältige Synthese- und Transferleistungen statt. Die Phasen »Teilen« und »Reflexion« passen so gesehen nicht mehr in das LUKAS-Modell, könnten aber erneut als eigene Lernaufgaben mit den vier Bereichen definiert werden. Schliesslich werden im dritten Balken die 4K-Kompetenzen und im vierten Balken die Teile einer reichhaltigen Lernaufgabe im Making-Prozess verortet. Die Schraffierung bei Kreativität (4K) und Differenzierung (RLA) soll verdeutlichen, dass bei der Vorgabe eines Vorhabens, sowohl Kreativität als auch Differenzierung in den ersten Phasen von WILMA für den Unterricht wahrscheinlich eine noch untergeordnete Rolle spielen.

3 Umsetzung in der Weiterbildung

3.1 Erste Annäherung

Im ersten Jahr der Weiterbildung wurden die Teilnehmenden an den einzelnen Nachmittagen mit neuen Technologien und didaktischen Ansätzen konfrontiert. Es stand jeweils Zeit zur Verfügung, anhand von Objekten die Technologien zu testen und es wurden Überlegungen zur Umsetzung im Unterricht angestellt. Dabei wurden von den Leitenden auch konkrete Unterrichtsideen vorgestellt, welche von den Teilnehmenden während der Weiterbildungszeit eingesehen werden konnten. Die Intention dabei war, den Teilnehmenden so fassbare Ideen für den Unterricht mitzugeben und somit die Hürden für die Umsetzung im Unterricht zu senken mit der Hoffnung, dass so Themen der Weiterbildung bei allen Teilnehmenden in den Unterricht fliessen würden. Zudem wurden jeweils in einer Gesprächsrunde Erfahrungen ausgetauscht. Dieser Austausch beschränkte sich aber in der Regel auf eigene Erfahrungen im Umgang mit z. B. 3D-Drucker oder Schneideplotter, Unterrichtserfahrungen kamen eher selten zur Sprache. Es zeigte sich insbesondere, dass trotz einer gewissen Verbindlichkeit, die ein Austausch in der Gruppe mit sich bringt, die konkreten Unterrichtsideen nicht oder nur von einzelnen umgesetzt wurden.

3.2 Scaffolding

Dem Umstand, dass die Teilnehmenden wenig oder nichts im Unterricht umgesetzt hatten, musste mit geeigneten Massnahmen begegnet werden. Im zweiten Jahr am ersten Treffen der Weiterbildung wurden sodann drei fertige Unterrichtssets für die Teilnehmenden zur Verfügung gestellt. Die Sets beinhalten nebst allen physischen Materialien und Anleitungen zum Erarbeiten bestimmter Techniken auch einen Vorschlag zur Unterrichtsumsetzung, ähnlich eines Kommentars für Lehrpersonen in Lehrmitteln. Zum Beispiel ist die Intention des einen Sets, Weihnachtsschmuck mit RGB-LED's herzustellen, welche mit einem Microcontroller gesteuert werden. Das Set beinhaltet nebst Materialien wie den Microcontrollern, die fertig verlöteten RGB-LED's, Plexiglaskugeln und Stopfwatte für das schneeähnliche Ausgestalten der Plexiglaskugel, eine Anleitung zum Anschliessen der RGB-LED's an den Microcontroller und dessen grundsätzliche Programmierung. Zusätzlich wird in dem Set ein Unterrichtsvorschlag mitgegeben, der sich an den zwei didaktischen Ansätzen WILMA und LUKAS orientiert. Die Sets wurden von den Teilnehmenden begrüsst und das so intendierte Scaffolding (Wood et al., 1976) zeigte Wirkung: Die Sets werden zurzeit im Unterricht an drei Klassen umgesetzt. Erste Dokumentationen, Rückmeldungen und Reflexionen dürfen bald erwartet werden.

3.3 Ausblick

Das Angebot ist zeitlich nicht begrenzt und wird die nächsten Jahre im selben oder einem ähnlichen Format weitergeführt. Obwohl der Ansatz mit den aufbereiteten Unterrichtssets dem Making-Gedanken wenig entspricht, stellt er eine Möglichkeit dar, wie in einer Schule Making in einem Anfangsstadium im Unterricht umgesetzt werden kann. Inwiefern sich so Unterricht, der den Forderungen von Making genügt, wirklich realisieren lässt, wird sich zeigen. Nicht zuletzt hängt aber das Gelingen mit der Bereitschaft der Lehrpersonen zusammen. Insofern stellt der eingeschlagene Weg im Entwicklungsthema eine vielversprechende Möglichkeit dar. Denn durch die eingesetzten Hilfsstrukturen in Form der aufbereiteten Unterrichtssets, so die vorläufige Erkenntnis, werden tatsächlich Hürden abgebaut und es sind eher Erfolgserlebnisse möglich, wobei die Bereitschaft steigt, sich weiter mit entsprechendem Unterricht auseinanderzusetzen. Natürlich ist der Entwicklungsprozess für die teilnehmenden Lehrpersonen damit noch lange nicht abgeschlossen, befinden sie

sich doch erst am Anfang der Unterrichtsentwicklung. Um gelingenden Making-Unterricht im Sinne eines offenen, projektartigen und schülerinnen- und schülerzentrierten Unterrichts umzusetzen, stellen sich weitere Forderungen nach didaktischer und methodischer Weiterbildung oder nach dem Aufbau von Kompetenzen zur Unterstützung des Lernprozesses der Schülerinnen und Schüler, zum Beispiel im Sinne einer Ausbildung von Diagnosekompetenzen (McElvany et al., 2009, 2). Zudem stehen weitere fachliche Weiterbildungen der Lehrpersonen im Raum oder die Gestaltung geeigneter Räume und Infrastruktur im Sinne eines Makerspaces.

4 Fazit

Das Angebot wird durch eine Gruppe von ca. 10 Lehrpersonen aus den Kantonen Aargau und Solothurn regelmässig besucht und gerne genutzt. Die Teilnehmenden sind dabei durchwegs motiviert. Grundsätzlich sind die Lehrpersonen aufgeschlossen gegenüber neuen Ideen und Methoden und es wurden in der Vergangenheit von einzelnen Lehrpersonen einige Unterrichtsideen umgesetzt und ausgearbeitet, die jedoch wenig dem Making-Ansatz entsprechen, sondern eher einem konservativen Unterrichtssetting »technisches Gestalten« zuzuordnen sind. Mit dem Angebot der unterstützenden Unterrichtssets besteht aber die begründete Hoffnung, dass der Making-Ansatz zumindest teilweise in den Unterricht einiger teilnehmender Lehrpersonen einfließen wird und dass Erkenntnisse und Erfahrungen aus diesen Unterrichtsumsetzungen zur Weiterentwicklung des Weiterbildungsangebotes »making@school« beitragen können.

Literatur

Adamina, M.; Balmer, T.; Gfeller, S.; Hirt, U.; Michel, J.; Nattiel, M. et al. (2015): Erläuterungen zur Kompetenzorientierung und zum Lern- und Unterrichtverständnis im Lehrplan 21: Teil 2: Kompetenzorientiert Unterrichten mit dem Lehrplan 21. Bern: PH Bern, Institut für Weiterbildung und Medienbildung (IWM); Erziehungsdirektion des Kantons Bern (Grundlagendokument zur Einführung des Lehrplans 21 im Kanton Bern). Online unter: https://www.erz.be.ch/erz/de/index/kindergarten_volksschule/kindergarten_volksschule/lehrplan_21/ausrichtung_des_lehrplans21/kompetenzorientierung.as

- setref/dam/documents/ERZ/AKVB/de/03_Lehrplaene_Lehrmittel/lehrplan_21_kompetenzen_erlaeuterungen_2_d.pdf (07.08.2015).
- D-EDK – Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz (2014): Lehrplan 21. Online-Dokument. Online unter: <https://www.lehrplan21.ch/> (29.01.2020).
- Hammer, T.; Hampson, G.; Kindlhofer, M.; Rüssmann, R.; Bösch, F. & Marx, S. (2018). WILMA – Wir lernen durch Machen! Ein Handbuch für eine Erfinderwerkstatt mit Kindern. Online unter: <https://wilmaonline.net/das-wilma-handbuch/> (27.02.2020).
- Hatch, M (2014): The Maker Movement Manifesto: Rules for Innovation in the New World of Crafters, Hackers, and Tinkerers. New York: McGrawHill Education.
- Ingold, S.; Maurer, B. und Trübny, D. (2019) (Hrsg.): Chance Makerspace: Making trifft auf Schule. München: kopaed.
- Luthiger, H., Wilhelm, M. & Wespi, C. (2014). Entwicklung von kompetenzorientierten Aufgabensets. *Journal für Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 14(3), 56–66.
- McElvany, N.; Schroeder, S.; Hachfeld, A.; Baumert, J.; Richter, T.; Schnotz, W.; Horz, H. & Ullrich, M. (2009): Diagnostische Fähigkeiten von Lehrkräften bei der Einschätzung von Schülerleistungen und Aufgabenschwierigkeiten bei Lernmedien mit instruktionalen Bildern. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23(3–4), 223–235. <https://doi.org/10.1024/1010-0652.23.34.223>.
- Papert, S. (1993): The Children's Machine: Rethinking Schools in the Age of the Computer. New York: Basic Books.
- Reusser, K. (2016): Jenseits der Beliebigkeit: Konstruktivistische Didaktik auf dem Prüfstand der empirischen Unterrichtsforschung. *Journal für Lehrerinnen und Lehrerbildung* 16(2), 40–48.
- Schön, S.; Ebner, M. & Narr, K. (2016) (Hrsg.): Making-Aktivitäten mit Kindern und Jugendlichen. Handbuch zum kreativen digitalen Gestalten, 8.
- Wood, D.; Bruner, J. S. & Ross, G. (1976): The Role of Tutoring in Problem Solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 17(2), 89–100. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x>.

Autor

Lorenz Möschler

Wissenschaftlicher Mitarbeiter Medien & Informatik an der Fachhochschule Nordwestschweiz

Arbeitsschwerpunkte: Beratung und Weiterbildung

Obere Sternengasse 7, 4502 Solothurn

lorenz.moeschler@fhnw.ch

Kapitel VIII

»Die Stimme von der Schulfront«

Technische Bildung in der Praxis

Lea-Martina Burkart

Abstract

Thematisches Lernen, das in verschiedenen Fächern aufgegriffen wird, bedeutet vertieftes Lernen. Unsere Kinder leben in einer sehr komplexen Welt. Oft verstehen sie einzelne Aspekte eines Prozesses, einer Technik oder einer Aufgabe – jedoch fehlt ihnen das »Gesamtbild«, der Kontext, der Bezug zu praktischen, alltäglichen Handlungen.

Was sind die Vorteile, was die Nachteile von thematischem, fächerübergreifendem Unterricht? Wie lässt sich fächerübergreifender Unterricht planen und umsetzen? Welche Schulmodelle existieren bereits, die diesen Ansatz verfolgen?

1 Erfahrungsbericht

Als Lehrerin für »Technisches und Textiles Gestalten« an der Volksschule möchte ich mit einem persönlichen Erfahrungsbericht aus dem Schulalltag beginnen.

Seit meiner Ausbildung zur Lehrerin für Gestaltung an der Hochschule der Künste in Zürich beschäftige ich mich intensiv mit dem Thema des vernetzten Fachunterrichts. Dreizehn Jahre habe ich im sonderschulischen Bereich unterrichtet und konnte bzw. musste im Rahmen dieser Institutionen fachlich und disziplinarisch eng mit den Klassenlehrpersonen zusammenarbeiten.

Es war für mich eine Selbstverständlichkeit, Themen aus dem schulischen Alltag in meinem Unterricht aufzugreifen und über das handelnde, tätige Lernen zu vertiefen. Den Schülern und Schülerinnen die verschiedensten Kulturtechniken im Kontext ihres Alltags zu vermitteln und sie dabei im forschend-handelnden Lernen zu begleiten, empfand ich für beide Seiten als bereichernd. Oft konnte ich dank der Kinder neue, individuelle Herangehensweisen und Lernprozesse mitverfolgen.

Aufgrund meiner eigenen Erfahrung und inspiriert durch viele namhafte PädagogInnen und EntwicklungsforscherInnen komme ich zu der Überzeugung, dass nur vernetzte, vielschichtige und haptisch-explorative Lernerfahrungen zu bleibendem Wissen führen.

Bereits Immanuel Kant schrieb: »Die Hand sei das äussere Gehirn der Menschen.« Rudolf Steiner formulierte es in seinen Schriften so: »In den handgreiflichen Tätigkeiten denken wir nur anders als im Inneren des Kopfes.« Es gibt eine für das ganze Leben und für jeden Berufsweg wichtige, ja notwendige Handlungsintelligenz, die zuerst mit Händen und Füßen im Kindesalter gelernt wird. Der Sprachgenius hat davon schon immer gewusst, so dass wir heute nicht von »Be-hirnen« sprechen, sondern vom »Be-greifen« und »Verstehen«.

Aber nun zurück zur Schulfront: Seit zwei Jahren unterrichte ich jetzt an der Volksschule und war anfangs überrascht, dass das Fach TTG, das momentan noch stark im Wandel ist, von den Fachlehrpersonen oft als reine Technikvermittlung unterrichtet wird.

Ehrlicherweise muss ich jedoch auch zugeben, dass eine so individuelle Begleitung einzelner Schülerinnen und Schüler in diesem Rahmen gar nicht mehr möglich ist. Wie war ich am Anfang frustriert, dass ich nicht allen zwölf Schülern immer »gerecht werden« konnte, so wie ich mir das bis anhin gewohnt war!

Zudem werden seit der Schulreform vor dem Hintergrund der Reintegration, sowie durch die stärkere internationale Durchmischung die Fähigkeits- und Leistungsdifferenzen innerhalb einer Klasse immer grösser. Als Fachlehrperson unterrichte ich TTG ja NUR in der Halbklassse und sehe gleichzeitig manche Klassenlehrperson unter dem Anspruch der Individualisierung einer 26er Klasse fast zusammenbrechen.

Deshalb war ich auch nicht überrascht, dass mein Wunsch nach mehr interdisziplinärer Zusammenarbeit und besserer Inklusion des TTG Unterrichts zu Stirnrunzeln und Sorgenfalten führte.

Um den Klassenlehrpersonen nicht noch mehr Zeit von ihrer eigentlichen Kernaufgabe zu rauben, beschloss ich, selber tätig zu werden, und begann, ein kontextorientiertes Unterrichtsprojekt für TTG in Kombination mit Sachunterricht, d. h. in »Natur, Mensch, Gesellschaft« (NMG), zu planen.

2 Konkretes Praxisbeispiel

Mit dem Einverständnis der Klassenlehrperson organisierte ich für beide Klassen (1. + 2. Klasse) einen Ausflug ins Naturreservat Silberweide am Greifensee. Die Schüler beschäftigten sich im vorangehenden NMG- (biologisch/zeichnerisch) und TTG- (zeichnerisch/bildforschend) Unterricht mit den verschiedenen Schweizer Wintervögeln und bereiteten Fragen zu deren Winterquartier und Futter vor. Mit dem Silberweide-Team besprach ich die inhaltlichen Themen und Bedürfnisse der Altersklasse im Vornherein. So konnten die meisten Fragen der Schülerinnen und Schüler vor Ort von der Ornithologin altersgerecht beantwortet werden.

Anschliessend erarbeitete jedes Kind im Sachunterricht seine eigene kleine Dokumentation zu »seinem« Wintervogel und im TTG Unterricht wurden die entsprechenden Futterstationen gebaut (vgl. Abb. 1).

1. Klasse

Techniken: Kordel drehen, Draht drehen

Materialien: (Hanf-)Schnur, Draht, verschiedene Nadelbaumzapfen, Fett, Körner

Werkzeug: Kombizange, Schere



Abb. 1: Vogelfutterstationen (© Lea-M. Burkart).

2. Klasse

Techniken: Bohren, Schrauben

Materialien: Ringschrauben, kleine Rundhölzer, Fett, Körner, Schnur

Werkzeuge: Standbohrmaschine, Ahle, Handbohrmaschine, kleine Handsäge

Die Zweitklässler erhielten in Kleingruppen (max. sechs Schülerinnen und Schüler) eine detaillierte Standbohrmaschinen-Einführung inklusiv gemeinsamem Ausfüllen des Theorieblattes (siehe Abb. 2 und 3). Anschliessend durften sie im 2er Team (ein Kind bohrt, das andere Kind kontrolliert und überwacht den »Bohrmeister«) selbstständig bohren.

Es war für alle eine tolle, ganzheitliche Erfahrung – jedoch mit sehr viel mehr Aufwand verbunden, als der herkömmliche Unterricht.

3 Interdisziplinäre Zusammenarbeit / thematischer, fächerübergreifender Unterricht

Auf der Suche nach Lösungsansätzen für eine einfachere, fächerübergreifende Zusammenarbeit habe ich Ideen und Inspiration im Epochenunterricht der Waldorfschule von Rudolf Steiner gefunden. Der drei- bis vierwöchige Epochenunterricht widmet sich einem Thema, das durch tägliche, zweistündige Routine vertieft wird. Es entsteht dadurch ein wiederkehrender, rhythmisierter, steter Lernverlauf. In der Volksschule liesse sich dieses System wohl nicht so umsetzen – daher habe ich den Begriff Epoche bzw. Epochenunterricht für mein Vorhaben der interdisziplinären Zusammenarbeit an der Volksschule wie folgt angepasst.

Eine Epoche stelle ich als einen zwei- bis dreiwöchigen Zeitraum dar, während dem die Schüler und Schülerinnen zu einem Thema in allen Fächern dazu unterrichtet werden.

Ein Beispiel: im Zyklus 1, Thema Stoffe: erkennen, untersuchen, gewinnen, bearbeiten, produzieren. Verknüpfung von TTG, Wirtschaft Arbeit und Haushalt, NMG und Natur und Technik. Zu diesem Thema liesse sich aber bestimmt auch etwas im Deutschunterricht erarbeiten.

Im Lehrplan 21 (LP 21) finden sich viele solche zusammenhängenden Themen, die sich mit etwas Kreativität mit (fast) allen schulischen Fächern verknüpfen lassen. Wäre es also möglich, diese grossen »Überthemen« im in-

Thema Sicherheit an der Standbohrmaschine

Welche zwei Bilder gehören zusammen?

Ziehe eine Linie mit Bleistift zwischen den zusammengehörigen Bildern.

Besprich mit deinem Banknachbar warum diese zwei Bilder zusammen gehören.



Abb. 2: Einführung Standbohrmaschine (© Lea-M. Burkart).

Die Standbohrmaschine oder auch Ständerbohrmaschine



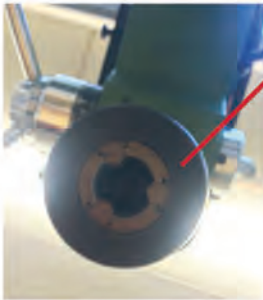
Welche Hand (rechts o. links)
betätigt diesen Hebel?
Warum?

.....

.....

.....

.....



Wie nennt man dieses Teil der Bohr-
maschine und wie wird es
verwendet?

Name:

Verwendung:

.....

.....



Grüner Knopf:

Roter Knopf:

Abb. 3: Theorieblatt zur Standbohrmaschine (© Lea-M. Burkart).

terdisziplinären und dementsprechend inhaltlich vielschichtigen, gleichzeitig aber auch hochkonzentrierten Epochenunterricht zu vermitteln?

Und wie liesse sich dieser Epochenunterricht planen, ohne dabei die bereits bestehenden Sitzungsgefässe zu sprengen oder den Klassenlehrpersonen weitere Zeit zu »rauben«?

4 Fachlehrer als Experten für Werkstattunterricht und forschendes Lernen (ausbilden)

Vor dem Hintergrund der verkümmerten Fachlehrerausbildung (spez. im Bereich TTG) plädiere ich für eine bessere Ausbildung in den handwerklich-technischen Fächern.

Ein Ansatz oder eher eine wilde Idee: anstatt Klassenlehrpersonen in Vielem ein bisschen zu schulen, werden (Fach-)Lehrpersonen der Bereiche NMG, NT (»Natur und Technik«), MI (»Medien und Informatik«) und TTG zu ExpertInnen zu ExpertInnen für Werkstattunterricht und forschendes Lernen (Epochenunterricht) ausgebildet. Optimal wäre natürlich, wenn diese Ausbildung die meisten der technischen Fächer beinhalten und vernetzen würde.

Diese ExpertInnen für technische Bildung würden dann jeweils in ihren Schulen den Epochenunterricht entwickeln, planen, vorbereiten und in Zusammenarbeit mit den Klassenlehrerinnen und -lehrern durchführen. Die Klassenlehrpersonen wären in diesem konkreten Beispiel nicht mehr hauptverantwortlich für die Planung des Unterrichts zuständig. Sie könnten, je nach Bedarf, Möglichkeit und Epochenthema, in den Grundfächern wie Deutsch und Mathematik oder z. B. auch im Sport zum (Epochen-)Thema arbeiten.

Ein Grundgedanke dieses gewagten »Modells« war, die Klassenlehrpersonen zu entlasten und die Fachlehrpersonen in ihrer Funktion und in ihrem Stellenwert zu stärken.

Pragmatisch-nüchternes Fazit: handlungsorientierter, individualisierter, qualitativ hochstehender und interdisziplinär vernetzter Unterricht kann meiner Meinung nach in den heute meist sehr heterogenen Klassen nicht umgesetzt werden. Für mich steht fest, dass nur mit einer Verkleinerung der Klassengrössen oder vermehrtem Team-Teaching dem LP 21 und dem damit verbundenen individualisierten, kompetenzorientierten Lehrauftrag Rechnung getragen werden kann.

Literatur

- Martin, M. (1991): Der künstlerisch-handwerkliche Unterricht in der Waldorfschule. Stuttgart: Verlag freies Geistesleben GmbH.
- Lunin, S.; Sinner, M.; Nussbaumer, R.; Scheidegger, J. & Speiser Niggli, V. (2002): Werkfelder 1 + 2. Zürich: Lehrmittelverlag des Kantons Zürich.

Autorin

Lea-Martina Burkart

TTG Lehrerin Tagesschule Wetzwil

Arbeitsschwerpunkte: Technisches Gestalten & Keramik

Langstrasse 20, 8636 Wald ZH

lea.martina@gmail.com

Kapitel IX

Forschen und Gestalten als Leitprinzip im Fach Werken

Perspektiven für eine zeitgemäße und zukunftsorientierte Fachdidaktik

*Dorothee Bauer, Karin Jarausch,
Susanne Knoll und Andreas Mikutta¹*

Abstract

Ausgehend vom standortspezifischen Fachdidaktikverständnis *Werken als technisches Gestalten* werden die damit verbundenen Fachintentionen vorgestellt. Der Beitrag widmet sich der Frage nach einer zeitgemäßen und zukunftsorientierten Fachdidaktik und möchte einen Diskurs anstoßen, inwieweit das Leitprinzip *Forschen und Gestalten* zu einer tragfähigen Professionalisierung von zukünftigen Lehrer*innen im Fach Werken beitragen kann.

1 Einleitung

Im Rückblick auf beinahe 250 Jahre Werkpädagogik lassen sich unterschiedliche *Strömungen* erkennen, die das Bild des Fachs in der öffentlichen Wahrnehmung bis heute maßgeblich bestimmen. Die inhaltliche Entwicklung und konzeptionelle Ausrichtung des Fachs wurde dabei von wechselnden politischen und wirtschaftlichen Einflüssen und sich wandelnden soziokulturellen Bedingungen geprägt.

Die primäre Assoziation von *Werken* ist bis heute die handwerkliche Tätigkeit. Die ersten Industrieschulen nach dem Vorbild Pastor Kindermanns begründen Ende des 18. Jahrhunderts einen pädagogischen Ansatz, der mit einer Erziehung zu Fleiß und Genauigkeit eine Arbeitsmoral der Kinder för-

¹ Die Autor*innen sind in alphabetischer Reihenfolge aufgelistet und haben zu gleichen Anteilen an dem Artikel gearbeitet.

dern sollte, die sie auf die Arbeitswelt (und die Produktionsbedingungen) vorbereitet (Basting, 1992). Diese arbeits- und berufsvorbereitende Prägung findet sich in den Arbeitsschulen nach Kerschensteiner (um 1900) ebenso wie Schulsystem der DDR mit dem Fach *Produktive Arbeit*. Demgegenüber stellt beispielsweise Fröbel die *Persönlichkeitsentwicklung* der Kinder in den Vordergrund (Basting, 1992). Der von Joseph Albers konzipierte werkliche Formenunterricht am Bauhaus fokussierte die *formal-ästhetischen Aspekte der Materialgestaltung*. Diese Konzentration auf eine Schulung der Wahrnehmung kam allerdings erst nach 1945 als Folge der Kriegserfahrungen mit einer Stärkung der »musisch-ästhetischen Erziehung« (Birri et al., 2003: 18) zum Tragen. Das Konzept des *formenden Werkens* mit dem Fokus auf das »Spiel mit dem Material« (Wick & Brock, 1985: 71) steht in direkter Tradition der Bauhaus-Pädagogik.

Das Konzept einer Polytechnischen Bildung, wie es 1951 mit dem Fach *Polytechnik* ins Schulsystem der DDR eingeführt wurde, geht auf Karl Marx zurück und war bereits seit den 1920er Jahren in der damaligen Sowjetunion ein festes Element der schulischen Allgemeinbildung. In der Bundesrepublik Deutschland wurde die Relevanz einer technischen Bildung erst in Folge des sogenannten *Sputnik-Schocks* erkannt, weshalb technische Inhalte in den Lehrplan Einzug fanden, um technische Kreativität und praktische Begabungen zu fördern (Hüttner, 2017).

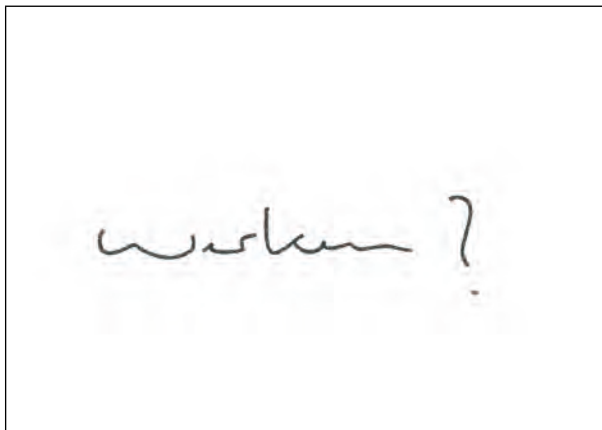


Abb. 1: Werken oder technisches Gestalten? (Grafik: Andreas Mikutta)

2 Fachverständnis und -intentionen. Zugänge zum Werken als technisches Gestalten

Im deutschsprachigen Raum existieren heute unterschiedliche Fachbezeichnungen – *Werken, Gestalten, Gestaltendes Werken, textiles und technisches Gestalten* repräsentieren eine fachspezifische Vielfalt. Mit der Konnotation *Werken als technisches Gestalten* vereint der Leipziger Ansatz die wesentlichen historisch gewachsenen Fachkonzepte, um die Fachdidaktik konzeptionell neu und zeitgemäß zu denken. Dabei stehen die drei grundlegenden Bildungsbereiche Handwerk, Ästhetik und Technik mit den entsprechenden Bildungsabsichten in unmittelbarem Bezug zueinander. Das Ziel des Aufbaus von handwerklicher, ästhetischer und technischer Literalität (darunter wird die entsprechende Bildung verstanden, die auch Voraussetzung für gesellschaftliche Teilhabe ist) bildet die Basis des Leipziger Fachverständnisses (vgl. Abb. 2).

Im Folgenden werden die drei Bereiche kurz erläutert, um die begriffliche Grundlage des Modells zu klären und die damit verbundenen Bildungspotenziale zu erläutern. Daran anschließend werden anhand praktischer Beispiele Zugänge zum Fach dargestellt, die sich aus dem Fachdidaktikverständnis ableiten lassen.



Abb. 2: Leipziger Fachdidaktikverständnis – Bildungsbereiche und Leitprinzip Forschen und Gestalten (Grafik: Andreas Mikutta und Annett Steinmann).

Handwerk

Während in der traditionellen Lesart der Handwerksbegriff in Anlehnung an Sombart (1902) in erster Linie für eine wirtschaftlich orientierte Berufsform mit dem Ziel der Herstellung von Gebrauchsgegenständen steht, deutet ihn der Soziologe Richard Sennett (2008) stark erweitert. Für Sennett steht der Begriff »ganz allgemein für den Wunsch, etwas ganz Konkretes um seiner selbst willen gut zu machen« (Sennett, 2008: 19). Nicht die konkrete Handlung steht im Vordergrund, sondern die *intrinsische Motivation*. Hoch entwickelte Fähigkeiten und Fertigkeiten entstehen, wenn kontinuierlich »praktisches Handeln und Denken in einem ständigen Dialog [stehen]. Durch diesen Dialog entwickeln sich dauerhafte Gewohnheiten, und diese Gewohnheiten führen zu einem ständigen Wechsel zwischen dem Lösen und dem Finden von Problemen« (Sennett, 2008: 20). Dieses erweiterte Begriffsverständnis verweist zum einen auf die Bedeutung des Handwerks für die kulturelle Entwicklung des Menschen. Und darüber hinaus zeigt sie den engen Zusammenhang von manueller Erfahrung und kognitiven Prozessen und damit einen wesentlichen Aspekt des Bildungsbereichs. Das »Werk mit den Händen« (Senn, 2009: 35) – ob im direkten Kontakt mit dem Material oder über Nutzung von Werkzeugen – bietet das Potenzial der Auseinandersetzung mit der gestalteten Umwelt. In dieser Auseinandersetzung geht es um das Begreifen, um das Erfassen. Das bedeutet, dass Hand angelegt werden muss, um geistige Erkenntnis zu ermöglichen. Das Zusammenspiel visueller und sensorischer Informationen ermöglicht (fein)motorische Handlungen und führt über den oben zitierten kontinuierlichen Dialog zum Aufbau handwerklicher Literalität. In der Auseinandersetzung mit der gestalteten Umwelt ist das Hand-Werk in diesem Sinn sowohl eine technische Handlung als auch eine ästhetische Erfahrung.

Technik

Der Technikbegriff Ropohls (1999) verweist auf den Kontext von Natur, Mensch und Gesellschaft und stellt einen konkreten Bezug zur Lebenswelt her. Technik als »die Gesamtheit aller nützlichen Artefakte und Systeme, sowie sämtliche menschliche Handlungen ihrer Herstellung und Verwendung« (Stuber, 2016: 19) ist mehr als das sachtechnische Artefakt. Ropohls Begriff der *Soziotechnik* ist prägend für dieses Verständnis. Wilkening und Schmayl (1995) bauen darauf einen mehrperspektivischen Ansatz zur Erschließung technischer Wirklichkeit auf. Neben der sach- und der soziotechnischen Perspektive

beinhaltet ihr Modell eine Sinn- und Wertperspektive, welche die ethische Dimension in die Reflexion über Technik einbezieht. Das Bildungspotenzial für das Technische Gestalten in der Fachdidaktik Werken liegt demnach darin, die Schüler*innen zur »geistigen Bewältigung« (Stuber, 2016: 10) und zum *Erschließen* von Technik zu befähigen (Stuber/Käser, 2016). Den Leitfaden bildet dabei die Definition technischer Literalität nach ITEA (ITEA, 2000: 2): »Technological literacy is the ability to use, manage, assess and understand technology«.

Ästhetik

Homberger (2007) beschreibt ästhetische Erfahrungen als eine reflexive Auseinandersetzung mit der Um- und Lebenswelt. Gerade im Kontext zunehmender rein visueller Reize, die eine defizitäre Ausprägung motorischer und sensorischer Kompetenzen zur Folge haben, zeigt sich das Potenzial eines ganzheitlich ausgelegten Ästhetikbegriffs hinsichtlich einer zukunftsorientierten Fachdidaktik. Immanuel Kant beschreibt das *Ästhetische* nicht als Eigenschaft, sondern als *Wirkung* auf die Betrachtenden (Roseck, 2004). Dem sinnlichen Wahrnehmen kommt im Erkenntnisprozess eine aktive und eigenständige Rolle zu. Ästhetisches Erkennen und Erfahren kann Anlass für ein persönliches Berührt-Sein geben, um die Suche nach individuellen Lösungen und Antworten zu motivieren (Dreyer, 2014).

Elementarer Bestandteil in der Leipziger Fachdidaktik ist die sinnliche Wahrnehmungsschulung durch handlungsorientierte Begegnungen mit Materialien, Werkzeugen und Verfahren. Im Gestaltungsprozess werden funktional-technische Faktoren mit ästhetisch-formalen Aspekten verknüpft.

Im Wahrnehmen, Verstehen und Gestalten werden Impulse der Bauhauslehre in die aktuelle Fachdidaktik implementiert. Technische Bildungsziele im Kontext der Grundschule lassen sich nicht losgelöst von gestalterischen Fragen betrachten. Der Leitsatz *form follows function* verbindet elementare technische Sachverhalte und gestalterische Lösungen in einer Einheit von Form, Funktionalität und Ästhetik. Bei der Entwicklung von Artefakten als Erkenntnisobjekte orientiert sich die ästhetische Kompetenzbildung im Bereich der Grundschuldidaktik Werken in der praktischen Umsetzung von Studienaufgaben auf den individuellen Ausdruck und die Bildhaftigkeit. Das *Bild* wird dabei als »umfassender Begriff für Objekte, Artefakte, Prozesse und Situationen visueller Erfahrung verstanden« (Stuber, 2016: 22).

Authentische Bildfindungsprozesse stehen im Zusammenhang mit gesamtgesellschaftlichen Entwicklungen. Technik als dominanter Kulturbereich tritt uns bildhaft entgegen und die Bildsprache des Zeitgeistes ist fast in Echtzeit in technischen Gestaltungen der Produktwelt ablesbar. Die Studierenden stehen vor der Aufgabe, semantische Fokussierungen aufzubrechen und eine eigene Formensprache zu entwickeln (Käser, 2016). Form, Farbe und Materialität im Spannungsfeld von Fläche und Raum ermöglichen dahingehend das multisensorische Spiel mit den gestalterischen Mitteln. Die Anwendung von analytischen Verfahren der Form- und Gestaltungslehre und der gezielte Einsatz von Kompetenzen auf der Rezeptions- und Reflexionsebene unterstützen diesen Prozess.

Der Blick auf die drei Bildungsbereiche und deren Bildungspotenziale bildet die Grundlage für die Beschreibung von Zugängen in der Fachdidaktik Werken, welche im Folgenden anhand einiger ausgewählter Bildbeispiele erläutert werden.

Zugänge

Alle drei Bildungsbereiche ermöglichen unterschiedliche Zugänge zum Fach. So bilden beispielsweise das Kennenlernen handwerklicher Verfahren und Techniken (vgl. Abb. 3), die Erfahrungen im Umgang mit Materialien (und Materialwiderständen) (vgl. Abb. 4), das Erproben von statischen Prinzipien oder die zeichnerische Annäherung an formale Charakteristika von Artefakten (vgl. Abb. 5) wesentliche Bestandteile für die fachlichen Kompetenzen angehender Lehrkräfte. Wenngleich in den Zugängen einzelne Bildungsbereiche den Schwerpunkt bilden, sensibilisieren sie für die unmittelbaren Zusammenhänge und Verschränkung der Bildungsbereiche im technischen Gestalten.

Das Beispiel (vgl. Abb. 6) zeigt eine Aufgabenstellung, in der die Studierenden im ersten Modul ihres Werkenstudiums einen Gegenstand im Losverfahren zugewiesen bekommen. Für diesen Gegenstand soll eine Verpackung aus Pappe entwickelt werden. Dabei geht es zunächst um die Erschließung der Formcharakteristika des Gegenstandes und um die Definition der Funktion der Verpackung – soll der Gegenstand beispielsweise geschützt, stapelbar oder inszeniert werden? Über das Konstruktionsprinzip des Netzes nähern sich die Studierenden über Formstudien an die Formgestalt der Verpackung an und verwenden und vertiefen dabei Verfahrenstechniken für den Werkstoff Pappe. Das Beispiel zeigt, wie eine Werkaufgabe Herausforderungen in allen drei Bildungsbereichen zugleich stellt und dabei Zugänge zum Fach aktiviert.



Abb. 3: Zugangsmöglichkeit: Weichlöten im Herstellungsprozess einer Taschenlampe (Foto: Andreas Mikutta).

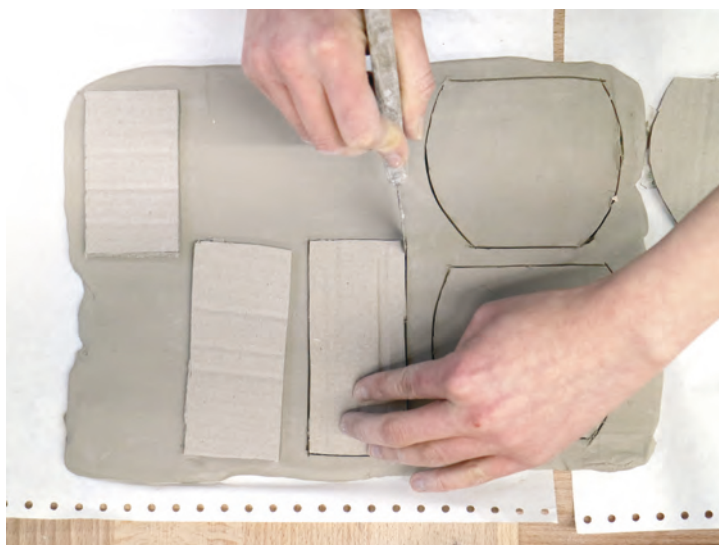


Abb. 4: Zugangsmöglichkeit: Bearbeiten von Ton zur Herstellung keramischer Gefäße (Foto: Andreas Mikutta).



Abb. 5: Zugangsmöglichkeit: Zeichnerische Auseinandersetzung zur Schulung der Wahrnehmung (Foto: Andreas Mikutta).



Abb. 6: Verpackungen herstellen – Sensibilisieren für Form-Funktionszusammenhang (Foto: Andreas Mikutta).



Abb. 7: *Forschen und Gestalten: Leitprinzip und Prozessmodell nach Steinmann et al. 2018 (Grafik: Annett Steinmann & Andreas Mikutta).*

Diese Verschränkung der Bildungsbereiche bildet die Grundlage für das Leitprinzip und Prozessmodell *Forschen und Gestalten*, welches die Studierenden unterstützt, Kompetenzen technischer, handwerklicher und ästhetischer Literalität umfassend aufzubauen (vgl. Abb. 7).

3 Forschen und Gestalten

Das Leitprinzip *Forschen und Gestalten* im Elementar- und Primarbereich (vgl. Abb. 7) orientiert sich an etablierten Phasenmodellen, wie dem *kreativen Prozess* (Goleman, 1997), dem *Design-Thinking-Prozess* (Pillau, 2013) und den *Phasen des methodischen Problemlösens* (Stuber, 2012) als didaktisch beeinflussbare Prozesse zur Förderung kreativ-technischer Gestaltungs- und Problemlösefähigkeit. Eine inspirierende und problemorientierte Aufgabenstellung unterstützt diese Kompetenzbildung und fordert ein intensives Wahrnehmen und Analysieren der Problemstellung am Anfang des Prozesses heraus.

Die Studierenden stehen dabei im Spannungsfeld zwischen dem Bereich des Forschens mit den Fragen *Warum ist das so?* oder *Wie funktioniert das?* und dem Bereich des Gestaltens mit den Fragen *Wie könnte es sein?* oder *Welche*

Gestalt nimmt es an? Das *Forschen* legt die Grundlage für ein reflektiertes, durchdachtes und geplantes *Gestalten*. Im Folgenden werden die wesentlichen Arbeitsphasen innerhalb des *Forschens und Gestaltens* erläutert.

Im *Forschen* werden das *Sammeln* von (Sach-)Informationen und Inspirationen und das *Analysieren* des Themenfeldes in Zusammenhang mit der Problemstellung vertieft. Kreativitätstechniken, wie beispielsweise mindmaps, moodboards etc. fördern Gedankenassoziationen und dienen der Ideensammlung. Alle Inspirationen werden visuell dokumentiert und können während des Prozesses durch neue Erkenntnisse ergänzt und verändert werden. Der Bereich *Experimentieren und Erkunden* ermöglicht die experimentelle Annäherung an Materialität, technische Gesetzmäßigkeiten und Sachverhalte. Es entstehen Modelle, die je nach Problemstellung unterschiedliche Erkenntnisse ermöglichen. Sie fungieren als Vermittler zwischen Idee und Objekt, wobei beispielsweise Proportionen überprüft, Materialitäten erkundet oder Verbindungen erprobt werden können (Späni & Dittli, 2007). Zugleich ermöglichen sie als Erkenntnisobjekt eine praktische Überprüfung von Hypothesen (beispielsweise in Bezug auf Statik, mechanische Funktion, etc.) (vgl. Abb. 8).

Darüber hinaus schult das fachdidaktische Format der *Dekonstruktionsaufgabe* Studierende im Erkunden und Erschließen grundlegender Funktionsprinzipien durch Demontage eines freigewählten Alltagsgegenstands. Der Fokus liegt dabei auf dem Verstehen und der geistigen Durchdringung von einfachen Artefakten des täglichen Gebrauchs. Am Ende werden die Lernergebnisse in Form visueller Darstellungen präsentiert (vgl. Abb. 9 und Abb. 10).

Die experimentellen Ergebnisse aus dem Forschungsprozess in Form von Ideen, Verständnis für technische Funktionsprinzipien, Erkenntnisse über Materialeigenschaften uvm. sind elementare Bausteine des *Gestaltens*. In der Phase des *Planens und Organisierens* werden die gewonnenen Erfahrungen strukturiert und systematisiert, so dass eine Grundlage für eine geplante Umsetzung geschaffen wird. Dabei stehen folgende Fragen im Vordergrund: *Wie und auf welche Art können funktional-technische Faktoren mit ästhetisch-formalen Aspekten verknüpft werden? Wie kann der Idee eine Gestalt gegeben werden?* Das *Umsetzen und Realisieren* der Idee hin zum Artefakt (als die oben genannte Materialisierung einer Idee) beschreibt den Schwerpunkt des *Gestaltens*. Dabei kann auf materielle oder zeitliche Widerstände gestoßen werden, die beispielsweise eine reibungslose Funktionalität des Objektes einschränken.



Abb. 8: Erkunden geodätischer Kuppeln im Modell (Foto: Andreas Mikutta).

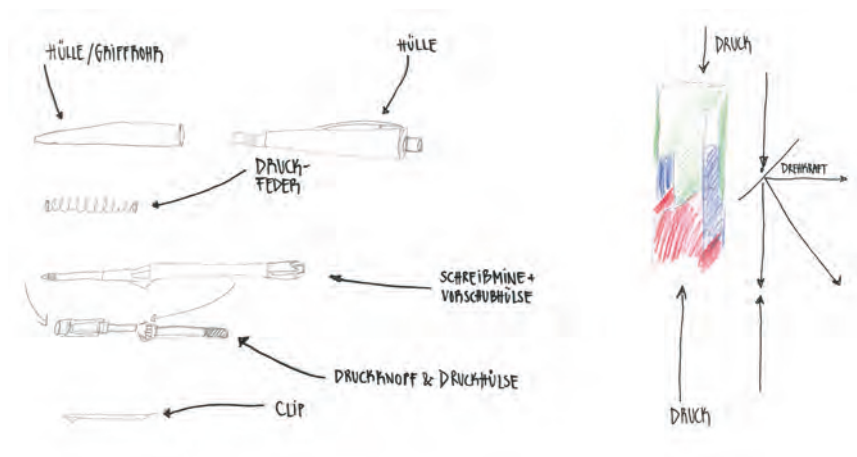


Abb. 9: Zeichnerische Dekonstruktion eines Kugelschreibers (Zeichnung: Studierende des 4. Fachsemesters der Grundschuldidaktik Werken 2018).

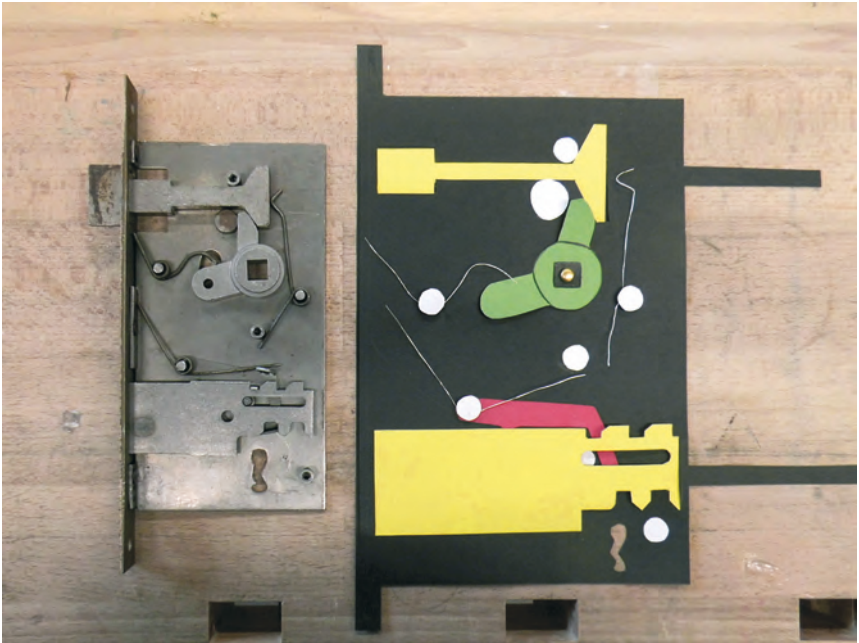


Abb. 10: Dekonstruktion – Studie eines Türschlosses (Foto: Studierende des 4. Fachsemesters der Grundschuldidaktik Werken 2018).

Aus Fehlern entwickeln sich oft neue Lösungsansätze, so dass AHA-Erlebnisse die Frustration über Fehler und das Nichtgelingen ablösen.

Am Ende des Gestaltungsprozesses stehen *Erkenntnisobjekte*, welche material- und funktionsspezifische Erkenntnisse zur Klärung einer Problemstellung liefern (vgl. Abb. 11 und Abb. 12). Zudem sensibilisieren diese Objekte für die Qualität sogenannter *high-end-Produkte*, da sie die Anforderungen und Widerstände in Entwicklungs- und Herstellungsprozessen nachvollziehbar machen. Desweiteren liefern Erkenntnisobjekte, durch die Idee des Unfertigen, Ansatzpunkte für eine zweck- und zielgerichtete Weiterentwicklung.

Der *Forschen- und Gestalten*-Prozess verschränkt die drei Bildungsbereiche ineinander und prägt die Entwicklung einer kreativ-technischen Problemlösung. Dieses Phasenmodell ist Strukturierungshilfe des Lehr- und Lernprozesses im technischen Gestalten und bietet zugleich die Möglichkeit, einzelne Prozessabschnitte in Form von Exkursen in Unterrichtsvorhaben einfließen zu lassen.

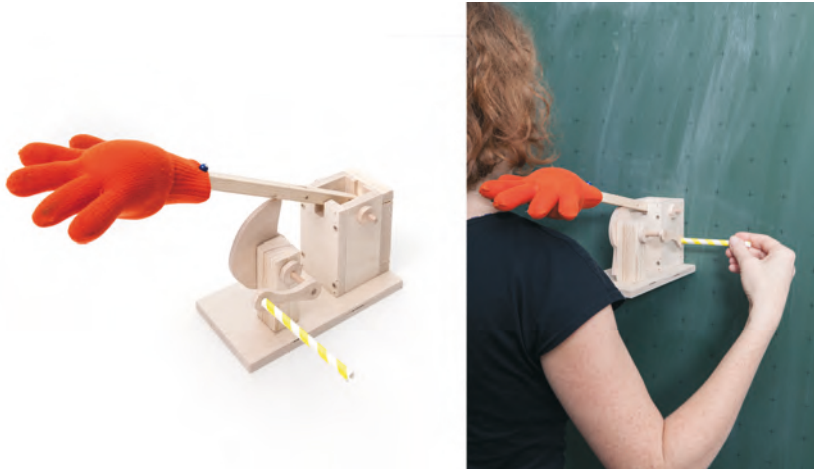


Abb. 11: Erkenntnisobjekt Schulterklopfer (Foto: Andreas Mikutta).



Abb. 12: Erkenntnisobjekt Seifenspender (Foto: Andreas Mikutta).

4 Fachdidaktische Prinzipien und Entwicklungen von Lernumgebungen in der Leipziger Fachdidaktik

Für einen gelingenden Fachunterricht stellt das Fachwissen laut Borowski et al. den »möglichen Rahmen [...] für die Entwicklung von fachdidaktischem Wissen« (Borowski et al., 2010: 342) dar. Bedeutend für den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler ist, inwieweit und in welcher Tiefe die Lehrkraft

den Lerngegenstand selbst durchdrungen hat (ebd.). Die fachpraktischen und fachwissenschaftlichen Auseinandersetzungen im Laufe des Studiums bilden demzufolge das Fundament für den Erwerb fachdidaktischer Kompetenzen.

Deshalb ist es Ziel der fachdidaktischen Ausbildung (am Standort Leipzig), dass die Studierenden Lernumgebungen zu authentischen und lebensnahen technischen Problemstellungen entwickeln, die auf den vier grundlegenden fachdidaktischen Prinzipien basieren, die sich inzwischen in der Leipziger Fachdidaktik etabliert haben und die im Folgenden kurz erläutert werden sollen: das Prinzip der *Kompetenzorientierung*, der *Rahmenthemenorientierung*, der *Problem-Produkt- und Prozessorientierung* und der *Lernausgangslagenorientierung*.

Dem Prinzip der *Kompetenzorientierung* wird das Kompetenzmodell von Jensen et al. (2012) zugrunde gelegt. Es wirkt einer einseitigen Überbetonung kognitiver Kompetenzen entgegen und nimmt den psychomotorischen Bereich bewusst als wichtiges Segment des technischen und textilen Gestaltens in den Fokus, um sich dem Ziel des Erwerbs einer technischen und gestalterischen Handlungskompetenz anzunähern (Steinmann & Mikutta, 2019; Jensen et al., 2012: 8).

Das Prinzip der *Problem-, Produkt- und Prozessorientierung* kann als didaktische Implikation des Prinzips der Kompetenzorientierung betrachtet werden, denn Kompetenzen zeigen sich nach Jensen et al. (2012: 9) »als Dispositionen zum Handeln. Sie sind als bestimmte Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten verfügbar«, um Probleme in variablen Kontexten lösen zu können. Für den Aufbau von Kompetenzen bilden herausfordernde und komplexe Problemstellungen im Sinne des situierten Lernens die Basis, um nachhaltige Bildungsprozesse auszulösen (Wyss, 2018). Technische Problemlöseprozesse können mithilfe von Prozessmodellen, wie sie exemplarisch im 3. Kapitel erwähnt wurden, didaktisch unterstützt und begleitet werden.

Das Prinzip der *Rahmenthemenorientierung*, das sich in der Leipziger Fachdidaktik etabliert hat, beinhaltet unter Berücksichtigung der drei o.g. Bildungsbereiche und der entsprechenden Bildungsabsichten wichtige strukturierende pädagogisch-didaktische Kriterien, die der Themenfindung bei der Planung und Entwicklung von Lernumgebungen zugrunde gelegt werden können: Lebensweltbezug, Lernformenvielfalt, Produkt- und Prozessorientierung, Lernbereichsvernetzung und Raum für individuelle Zugänge und Interessen der Lernenden. Gleichzeitig trägt das Prinzip der Rahmenthemenorientierung einer inklusionsorientierten Perspektive Rechnung, da es das Potenzial hat,

das *Lernen am gemeinsamen Gegenstand* nach Feuser (Feuser, 2013) für alle Kinder einer Lerngruppe zu ermöglichen. Indem der Lerngegenstand einen Raum für individuelle Zugänge eröffnet, kann jedes Kind ihn sich auf seinem Entwicklungsniveau aneignen.

Hier schließt sich das Prinzip der *Lernausgangslagenorientierung* an. In Anlehnung an Birri (2003) und sein Konzept der Basisfunktionsschulung werden förderungsorientiert sämtliche Entwicklungsbereiche (*Emotionen, Sozialität, Kognition, Motorik, Wahrnehmung*), die für das Lernen und die Persönlichkeitsentwicklung relevant sind, bei der Planung von Lernumgebungen und dem Erarbeiten von didaktisch-pädagogischen Zielsetzungen berücksichtigt.

Die vier fachdidaktischen Prinzipien bilden damit die pädagogisch-didaktische Basis in der Leipziger Fachdidaktik für die Gestaltung von Lernsituationen im technischen Gestalten des Primarbereichs.

Die Studierenden entwickeln innerhalb ihres Studiums ein didaktisches Planungsinstrument für eine Lernumgebung im Fach Werken, in der die vier Prinzipien Anwendung finden. Der Fokus wird dabei auf die wesentlichen Aspekte im Planungsprozess gelegt und soll mit Hilfe eines entsprechenden Layouts und Visualisierungen, Struktur und Klarheit für die Planung und Durchführung technisch gestalterischer Lernumgebungen schaffen. Die Lernumgebung wird für eine spezifische Lerngruppe geplant, erprobt und evaluiert. Das Planungsinstrument beinhaltet ein Rahmenthema im Sinne eines *gemeinsamen Lerngegenstandes* (Feuser, 2013), für das eine kriteriengeleitete Aufgabenstellung auf Basis einer herausfordernden *technischen Problemstellung* (Wyss, 2018) formuliert wird, die das Potenzial hat, einen technischen Gestaltungsprozess bei den Lernenden auszulösen. Zentrales Planungselement stellt in diesem Kontext die didaktische Gestaltung und Unterstützung der einzelnen Phasen im Problemlöseprozess dar. Hier treffen die Studierenden die Wahl für ein passendes Prozessmodell, anhand dessen die Lernenden in ihrem Gestaltungsprozess didaktisch unterstützt und (im Sinne einer inneren Differenzierung) angeregt werden sollen. Auf Basis individueller Lernausgangslagen wird die Entscheidung getroffen, in welchem Maße die Lernenden didaktische Strukturierung oder stärkere Offenheit für ihre individuellen Problemlöseprozesse benötigen. Förder- und kompetenzorientierte sowie umfassend und transparent formulierte Beurteilungskriterien unterstützen den Lernprozess und die Evaluation des Lernerfolgs (Stuber, 2012; Jensen et al., 2012).

5 Fazit

Die Ausrichtung der Leipziger Fachdidaktik hat ihre Grundlage in den historisch gewachsenen Fachkonzepten, wobei die Konnotation *Werken als technisches Gestalten* die Verknüpfung der drei Bildungsbereiche Handwerk, Ästhetik und Technik repräsentiert. Das Leitprinzip *Forschen und Gestalten* stellt einen wesentlichen Beitrag zum Transfer der Fachdidaktik *Werken* hin zum *technischen Gestalten* dar. Dabei liegt der Bildungsauftrag im Aufbau von handwerklicher, technischer und ästhetischer Literalität. Die Verschränkung dieser Literalitäten schafft erweiterte Zugänge für eine Auseinandersetzung in technischen Forschungs- und Gestaltungsprozessen. Die Professionalisierung angehender Lehrkräfte am Ausbildungsstandort Leipzig ist auf eine zeitgemäße und zukunftsorientierte Vermittlung dieser Prozesse und Kompetenzen zur Durchdringung des Kulturbereichs Technik mit dem Ziel des Erwerbs einer technisch-gestalterischen Handlungskompetenz (Jensen et al., 2012) orientiert.

Die Etablierung einer innovativen und gleichsam inklusionsorientierten Fachdidaktik ermöglicht eine Vermittlung zwischen Lerntheorien, (sonder)pädagogischer Diagnostik und geeigneter Unterrichtsmethodik für heterogene Lerngruppen einerseits und fachdidaktischen Herangehensweisen andererseits (Amrhein & Reich, 2014). Es geht um einen tragfähigen Wandel zu einer grundlegenden Positivkonnotation von Diversität, Ressourcenorientierung und persönlicher Exzellenz (ebd.). In den direkt nachfolgenden beiden Beiträgen werden diesbezügliche aktuelle Forschungsprojekte aus dem Arbeitsbereich der Grundschuldidaktik *Werken* der Universität Leipzig vorgestellt.

Literatur

- Basting, H. (1992): Zweihundertzwanzig Jahre Werkpädagogik. Linz: Hochschule für Künstlerische und Industrielle Gestaltung, Lehrkanzel für Werkerziehung.
- Birri, C.; Oberli, M. & Nyffeler, C. (2003): Lehrmittel Fachdidaktik des technischen Gestaltens/*Werken*. Basel.
- Borowski, A.; Neuhaus, B.; Tepner, O.; Wirth, J.; Fischer, H. & Leutner, D. (2010): Professionswissen von Lehrkräften in den Naturwissenschaften (ProwiN) – Kurzdarstellung des BMBF-Projekts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 16, 342.

- Dreyer, A. (2014): Impulse der Bauhauslehre für eine authentisch-zeitgemäße Werkdidaktik. Vortrag im Rahmen der Leipziger Werktag am Institut für Schulpädagogik des Primarbereichs der Erziehungswissenschaftlichen Fakultät der Universität Leipzig am 20.11.2014.
- Feuser, G. (2013): Die »Kooperation am gemeinsamen Gegenstand«. *Zeitschrift: Behinderte Menschen*. Heft 3, 17–35.
- Homberger, U. (2007): Referenzrahmen für Gestaltung und Kunst. Pädagogische Hochschule Zürich. Online unter: https://phzh.ch/Forschungsdatenbank_files/152/uh_referenzrahmen_pdf.pdf (07.05.2020).
- Hüttner, A. (2017): Polytechnische Bildung – ein Konzept ohne Perspektive? In: Apelojg, B. & Banse, G. (Hrsg.), *Technische Bildung und berufliche Orientierung im Wandel – Rückblicke, Einblicke, Ausblicke*. Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin, Band 133/134, S.63–77.
- International Technology Education Association (2000): Standards for Technology Education. Content for the Study of Technology. Executive Summary. Reston, Virginia, S.2.
- Jensen, H.; Somazzi, M. & Weber, K. (2012): Handlungskompetenz im technischen und textilen Gestalten. Beschreiben – Aufbauen – Einschätzen: Ein Kompetenzmodell für die Unterrichtspraxis. Bern: schulverlag plus.
- Käser, A. (2016): Bildlitteralität. In: Stuber, T. (Hrsg.), *Technik und Design. Grundlagen*. Bern: HEP Bildungsverlag, 233–239.
- Pillau, A. (2013): Was ist Design Thinking? Vom Designvorgang zum kreativen Problemlösungsprozess für Wirtschaft und Ausbildung. *Kunst und Unterricht*; 70–74, 371–372.
- Ropohl, G. (1999): Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik. Zur Grundlegung der Allgemeinen Technologie. München: KIT Scientific Publishing.
- Roseck, M. (2004): Immanuel Kants Analytik des Schönen. Seminararbeit. Universität Leipzig.
- Senn, M. (2009): Betrachtungen zum Handwerk. Handwerk ist unendlich viel mehr, als das Werk unserer Hände. *Werkspuren: Fachzeitschrift zur Vermittlung von Design und Technik* 2, 34–37.
- Sennett, R. (2008): Handwerk. Berlin: Berlin Verlag.
- Sombart, W. (1902): Der moderne Kapitalismus. Band 1. Die Genesis des Kapitalismus. Leipzig: Duncker & Humblot.
- Späni, L. & Dittli, V. (2007): Modelle bauen in der Schule. Ein Plädoyer. *Werkspuren: Fachzeitschrift zur Vermittlung von Design und Technik* 1, 32–35.
- Steinmann, A. (2018): Förderungsorientierte Partizipation in technischen Gestaltungsprozessen – Gelingensaspekte prozess- und kompetenzorientierter Aufgabenformate. Vortrag im Rahmen der 4. Leipziger Werktag zum Thema Kom-

petenzorientiertes technisches Gestalten – Lernaufgaben im Horizont von Heterogenität. Leipzig.

Steinmann, A. & Mikutta, A. (im Druck): Designpädagogik trifft technisches Gestalten im Primarbereich. Impulse für eine fachliche Neuorientierung. München: Kopaed. Reihe: Design & Bildung. Schriftenreihe zur Designpädagogik. Band 3. Design trifft Bildungswissenschaft.

Stuber, T. (2012): Werkweiser 2. Handbuch für Lehrpersonen für technisches und textiles Gestalten. 3.–6. Schuljahr. Bern: Schulverlag.

Stuber, T. (Hrsg.) (2016): Technik und Design. Grundlagen. HEP Bildungsverlag, Bern.

Stuber, T. & Käser, A. (2016): Technikdidaktische Grundlagen. In: Stuber, T. (Hrsg.), *Technik und Design. Grundlagen*. Bern: HEP Bildungsverlag, 170–201.

Wyss, B. (2018): Gestalterisch-konstruktives Problemlösen von Sechs- bis Achtjährigen. Theoretische Grundlagen und empirische Studie zur Technischen Gestaltung in Kindergarten und Unterstufe. München: Verlag Kopaed.

Autorinnen und Autor

Dorothee Bauer

Lehrkraft für besondere Aufgaben an der Universität Leipzig, Institut für Pädagogik und Didaktik im Elementar- und Primarbereich, Grundschuldidaktik Werken

Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Fachwissenschaftliche und fachdidaktische Aspekte des Werkens mit Schwerpunkten Technik und Erneuerbare Energien

Marschnerstraße 31, 04109 Leipzig, Haus III, Raum 019

dorothee.bauer@uni-leipzig.de

Karin Jarausch

Lehrkraft für besondere Aufgaben an der Universität Leipzig, Institut für Pädagogik und Didaktik im Elementar- und Primarbereich, Grundschuldidaktik Werken

Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Fachwissenschaftliche und fachdidaktische Aspekte des Werkens, Ästhetische Bildung mit Schwerpunkten Gestaltungslehre und Kulturphilosophie, Kompetenzentwicklung in designpädagogischen Verfahren

Marschnerstraße 31, 04109 Leipzig, Haus III, Raum 032

karin.jarausch-schilling@uni-leipzig.de

Susanne Knoll

Lehrkraft für besondere Aufgaben an der Universität Leipzig, Institut für Pädagogik und Didaktik im Elementar- und Primarbereich, Grundschuldidaktik Werken

Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Fachdidaktik und -methodik des Faches Werken als technisches Gestalten, Gestaltung inklusiver Lernumgebungen im Fach Werken als technisches Gestalten, Theorie-Schulpraxistransfer, Digitale Bildung im Fach Werken als technisches Gestalten

Marschnerstraße 31, 04109 Leipzig, Haus III, Raum 019

susanne.knoll@uni-leipzig.de

Andreas Mikutta

Lehrkraft für besondere Aufgaben an der Universität Leipzig, Institut für Pädagogik und Didaktik im Elementar- und Primarbereich, Grundschuldidaktik Werken

Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Fachwissenschaftliche und fachdidaktische Aspekte des Werkens mit den Schwerpunkten Handwerk, Technik und Design

Marschnerstraße 31, 04109 Leipzig, Haus III, Raum 032

andreas.mikutta@uni-leipzig.de

Kapitel X

Diversität in technischen Lernsettings des Primarbereichs

Herausfordernden Lernausgangslagen produktiv begegnen

Annett Steinmann

Abstract

Dieser Beitrag diskutiert eine fachdidaktische Positionsbestimmung im (produktiven) Umgang mit Diversität in technischen Lernsettings des Primarbereichs, um daraus resultierend potenzielle Gelingensbedingungen inklusionsorientiert-technischer Lernumgebungen aufzuzeigen. Auf der Basis des Prinzips der umfassenden Kompetenz- und Lernausgangslagenorientierung etabliert sich an der Universität Leipzig im Arbeitsbereich Grundschuldidaktik Werken ein Fachdidaktikverständnis, das heterogene Lerngruppen und besonders (herausfordernde) Lernausgangslagen¹ explizit berücksichtigt und damit Diversität positiv konnotiert.

1 Fachdidaktische Positionsbestimmung im Umgang mit Diversität – Vielfalt erwünscht

Fundamentale Forderungen nach einer Schule für *alle*, immer und ohne Reglementierung scheinen allein durch die UN-Behindertenrechtskonvention nicht gedeckt (Riedel, 2010; Speck, 2010). Als entscheidende Größe für gelingen-

1 Gemeint sind hier diejenigen Zielgruppen, die in der Diskussion um inklusives Lernen für *alle* als besonders herausfordernd beschrieben werden: Kinder mit sogenannter komplexer Behinderung und diejenigen mit herausforderndem Verhalten. Für Kinder mit herausforderndem Verhalten (mit diagnostiziertem Förderschwerpunkt emotionale und soziale Entwicklung) steht ein inklusionsorientiertes Bildungssystem vor großen Problematiken: häufiges Underachievement (nicht ausgeschöpftes Leistungspotenzial) sowie Akzeptanz- und Belastungsprobleme bei Lehrkräften und (weitestgehend) Jungen, die Schwierigkeiten in der Auseinandersetzung mit sich und der sozialen Umwelt haben, führen in der Konsequenz zu schulischen Selektionsprozessen (Hennemann et al., 2019).

des inklusives Lernen beschreibt Hattie (2013) die Freisetzung pädagogischer Qualität in Schule und Klasse, konkret die Wirksamkeit der Lehr-Lern-Situation. Damit eröffnen sich für fachliches Lernen und Fachdidaktiken besondere Herausforderungen, aber auch Chancen.

Fachliches Lernen soll Inklusion fächerspezifisch ermöglichen (Amrhein & Reich, 2014). Die Etablierung einer inklusionsorientierten Fachdidaktik, die sich inklusiven Standards verpflichtet fühlt, bedeutet die Realisierung einer Vermittlung zwischen der fachwissenschaftlichen Tendenz zur Verwissenschaftlichung einerseits und Lerntheorien, geeigneter Diagnostik und Unterrichtsmethodik für heterogene Lerngruppen andererseits (ebd.). Daraus muss ein Inklusionsverständnis resultieren, welches Diversität als Normalität anerkennt und einen produktiven Umgang mit individuellen Lernausgangslagen anstrebt (Lütje-Klose, 2013). Wirkliche Zugehörigkeit zu erreichen bedeutet, sich zu distanzieren von Einstellungen und Praktiken der Anpassung von Systemen an individuelle Lernbedürfnisse, also von *Duldung* der Individualität (Katzenbach, 2015). Es geht vielmehr um eine grundlegende *Positivkonnotation* von Diversität, Ressourcenorientierung und Empowerment (Fornefeld, 2013). Die Schaffung von bedürfnisorientierten Möglichkeitsräumen für *alle* Lernenden durch gemeinsame Lerngegenstände (Prengel, 2013; Feuser, 2013) stehen somit im Fokus der fachdidaktisch-inklusionsorientierten Lernumgebungsgestaltung.

1.1 Leitlinien einer inklusiven Fachdidaktik

Die Momente der Chancengleichheit und Vermeidung von Diskriminierung bilden die Basis der *fünf Standards* von Inklusion: *ethnokulturelle Gerechtigkeit, Antihomophobie, Gerechtigkeit für Menschen mit niedrigem sozioökonomischen Status, mit Behinderung, und Geschlechtergerechtigkeit* (nach Reich, 2012). Im Verständnis einer inklusiven Didaktik als *Beziehungsdidaktik* beeinflussen positive Beziehungen das Lernen und die Persönlichkeitsentwicklung nachhaltig positiv. Der Fokus liegt auf der Förderung des Selbstwerts, der Selbstbestimmung und -verantwortung der Lernenden (ebd.). Hatties These, dass der Unterrichtserfolg maßgeblich von den Haltungen und Erwartungen der Lehrperson abhängig ist, gilt demnach als handlungsleitend (Hattie, 2012). Ahn und Choi (2004) verwiesen auf wirksames Handlungswissen in einer inklusiv ausgerichteten Fachdidaktik in Form von *drei* maßgeblichen Aspekten:

- a. Lehrkräfte müssen ihre eigenen schulisch-exklusiven Erfahrungshintergründe überwinden und ein inklusives Menschenbild vertreten, das »für alle Lernenden persönliche Exzellenz anstrebt [...]«. (Amrhein & Reich, 2014: 34).
- b. Lehrkräfte trennen sich von ihrem autonomen Status als Hauptbezugsperson in der Klasse und kooperieren in Teams, die Unterricht gemeinsam planen, gestalten und evaluieren. Einen umfänglichen empirischen Beweis dafür, dass durch Lehren im Team deutlich bessere Ergebnisse erzielt werden, liefert Hattie (2012).
- c. Nur Lehrkräfte, die umfassend darin ausgebildet sind, für heterogene Lerngruppen relevanten Stoff differenzierend und für alle Lernenden adäquat aufzubereiten, werden in der Lage sein, inklusiv-fachdidaktische Anforderungen zu bewältigen (ebd.).

Eine gelingende schulische Inklusion basiert damit auf grundlegenden *Kontextbedingungen*:

Diversität und Heterogenität von Schüler*innen werden erwartet und als *Chance zur Persönlichkeitsentwicklung* gewertet. Eine inklusionsorientierte Schule versteht sich als *demokratische Schule*, in der Partizipation aller Beteiligten gelebt wird. Stähling und Wenders (2011) fordern, dass es gerade in exkludierenden Gesellschaften darum gehen muss, *Ungehorsam* herauszufordern, um eine Schule für *alle* zu gestalten (ebd.). Notwendig wird die *Betonung einer positiven sozial-emotionalen Beziehungskultur* (ebd.). Das Ziel der höchstmöglichen *persönlichen Exzellenz* muss dabei handlungsleitend sein und durch eine förderliche Lernumgebung (fach)didaktisch geplant, umgesetzt und intensiv evaluiert werden (Amrhein & Reich, 2014). Dies wiederum setzt die didaktisch-inklusive Aufbereitung des Unterrichts voraus. Eine Auflösung von Zielvorstellungen auf der Grundlage durchschnittlicher Vergleiche von Schüler*innen führt zu einer *Individualisierung* nach diagnostisch ermittelten und ausgewerteten Unterschieden und Bedürfnislagen *aller* Lernenden (Reich, 2012) sowie zur Initiierung von *Gemeinsamkeit* (Prengel, 2013).

Amrhein und Reich (2014) weisen zudem der *sonderpädagogischen Neuausrichtung* im inklusiven Unterricht eine zentrale Rolle zu. Das alleinige Anvisieren von *schooling without labels* (Campbell & Trotter, 2007) führt zu einer Ablehnung von verallgemeinernden Curricula und stigmatisierenden Begrifflichkeiten wie *Verhaltensstörung*, *Lernbehinderung* oder *geistige Behinderung* (ebd.). Vielmehr muss es darüber hinaus nach Lindmeier (2012) auch um

die »Bekämpfung diskriminierender Haltungen, die Schaffung wertschätzender Gemeinschaften, die Verwirklichung einer Pädagogik für alle ebenso wie die Verbesserung der Qualität und Effektivität der Pädagogik für den Mainstream der Lernenden [...]« (ebd., 38) gehen. Nachweislich prägt eine als *ability labeling* geltende Unterrichtspraxis die Haltung und Einstellung der Lehrpersonen gegenüber einer heterogenen Schülerschaft und reduziert die Lernleistungen derer, die mit Stigmata versehen wurden (Lindmeier, 2012). Dies wird unter anderem von Borns und Pillich-Krogoll (2012) damit in Zusammenhang gebracht, dass die dort untersuchten Lehrkräfte ihren Unterricht auf die reduzierten Erwartungen abstimmten. Die als *less able* geltenden Schüler*innen zeigten in der Konsequenz auch den Erwartungen entsprechende Leistungen und Verhaltensweisen (Faber, 2012).

Insbesondere betont Köpfer (2013) das immanente Zusammenwirken der Herausforderung eines Unterrichts für heterogene Lerngruppen und das Maß an unabdingbar benötigter Unterstützung für die Lehrperson, um diesen Herausforderungen gerecht zu werden. Amrhein und Reich (2014) stellen diesen Forderungen den Fakt entgegen, dass inklusive Schul- und Unterrichtsstrukturen im angloamerikanischen Sprachraum programmatisch und auf der Basis empirischer Forschungen tendenziell stärker in Richtung derhaltungsfrage diskutiert und didaktische Herangehensweisen zu Gunsten der Grundlegung pädagogisch-psychologischer Erkenntnisse vernachlässigt werden (ebd.). Für Deutschland sei die Forderung nach einer besonderen inklusiven Didaktik durchaus sinnvoll (Reich, 2014) und damit verbunden die Frage, wie sich vor allem die sonderpädagogische Expertise mit den Standards für Inklusion vereinbaren lasse (Amrhein & Reich, 2014).²

1.2 Zur dringenden Notwendigkeit, sich auf den (fachdidaktisch) inklusiven Weg zu geben

Angesichts der bestehenden Dominanz separierender Förderung im bundesdeutschen Raum, insbesondere im Hinblick auf Schüler*innen mit Förderungsschwerpunkt emotionale und soziale Entwicklung, gerät in der Sonderpäda-

2 Amrhein und Reich plädieren für eine sonderpädagogische Neudefinition: Die Profession *Sonderpädagogik* darf sich als schulübergreifendes Aufgabenfeld nicht nur im Bereich der Lehrer*innenbildung verorten. Eine inklusive Lehramtsausbildung für alle Schulformen muss das ausgewiesene Ziel sein. In allen Bereichen inklusiver Standards muss empirische Grundlagenforschung und entsprechende umsetzungsorientierte Beratung erfolgen (ebd.).

gogik zunehmend das Ziel in den Blick, Lernende mit sonderpädagogischem Förderbedarf so zu unterstützen, dass diese an der allgemeinen Schule verbleiben und sozial angemessene Verhaltensmuster entwickeln sollen, um eine positive Haltung zu schulischem Lernen ausbilden zu können (Wachtel, 2010). Demgegenüber stehen Ansätze, die Momente der Individualisierung und Gemeinsamkeit als handlungsleitende Prinzipien und Ausgangspunkte für inklusive schulische Wege denken (Prengel, 2013; Feuser, 2013; Lütje-Klose, 2013).

Um dabei auch besondere sozial-emotionale Ausgangslagen (Hennemann et al., 2019) im Blick zu behalten, gilt es, neben der Fachkompetenzentwicklung, den psychosozialen Kompetenzerwerb zu konkretisieren. Aspekte wie Selbstwertstabilisierung durch Selbstwirksamkeitsförderung sowie kooperativ-kommunikatives Handeln müssen als Förderbereiche *aller* Lernenden gedacht werden. Einen produktiv-unterstützenden Umgang mit *allen* Lernenden ergänzt Koop (2007) um die Prinzipien der *spezifischen Förderung*, der *klaren Strukturierung von Lehr-Lern-Prozessen*, der *begründeten Methodenvielfalt* und *inneren Differenzierung*, der *Notwendigkeit von Kooperation, Beratung und Diagnostik* sowie damit zentral verbunden das *Prinzip der individuellen Lernausgangslagenorientierung* (ebd.). Damit sind auch die in der Diskussion um inklusives Lernen für *alle* Schüler*innen mit besonders herausforderndem Verhalten mitgedacht. Ellinger und Stein (2012) weisen auf eine uneindeutige und unbefriedigende Forschungslage zur Positivwirkung inklusiver Beschulung bei dieser Zielgruppe hin und betonen, dass vorschnelle Rückschlüsse auf eine Machbarkeit einer erfolgreichen Inklusion dieser Zielgruppe unzulässig seien. Der Fokus müsse stärker auf Prävention und sozial-emotionale Kompetenzförderung gerichtet werden, um positive Effekte zu befördern.

Empirische Befunde zur inklusiven Beschulung lassen sich aber aktuell nur in minimaler Anzahl finden (Ahrbeck, 2017; Werning, 2014). Für den angloamerikanischen Sprachraum zeigen Jordan et al. (2010), dass das Gelingen einer qualitativ hochwertigen Inklusion in direktem Zusammenhang mit der Förderung von qualitativ hochwertigem Unterricht steht: professionelles Classroom-Management, ein fundiertes diagnostisches Fachwissen, die Kenntnis über kooperative Lernformen sowie Lern- und Entwicklungsbarrieren und ihrer Veränderbarkeit durch die Lehrperson sind existenziell notwendig (ebd.).

1.3 Förderungsorientierte Partizipation als Weg und Ziel einer inklusionsorientierten Fachdidaktik

Eine *förderungsorientierte Partizipation* soll schlussfolgernd verstanden werden als die *Schaffung von Lernsituationen, die für alle Kinder neben einer Fachkompetenzentwicklung immanent gegenseitige Wertschätzung zur Stabilisierung des Selbstwertes ermöglichen und gleichsam kooperativ-kommunikatives Handeln für alle Kinder fördern*. Bezogen auf herausfordernde Zielgruppen ergibt sich hier ein besonderes Potenzial im Hinblick auf die Fokussierung individueller Bedürfnisse und Lernausgangslagen. Feuser (2013) spricht in diesem Zusammenhang von der Generierung sogenannter *Möglichkeitsräume*, als Grundlage für Individualisierung und Gemeinsamkeit. Er betont den Moment des *kollektiv-gemeinsamen* als Ausgangspunkt und Offenlegung der »Zone der nächsten Entwicklung« (ebd.: 96) mit der Intention der aktiven Welterschließung. Wird nun versucht sich dem Lernen am gemeinsamen Gegenstand (Feuser, 2013) fachdidaktisch zu nähern, findet sich die erste kritische Auseinandersetzung diesbezüglich bei Wocken (1998). Eine alleinige Kooperation am gemeinsamen Lerngegenstand reiche nicht aus und müsse zu Gunsten einer Balance zwischen »differenzierenden und integrierenden Lernsituationen« (ebd.: 47) überdacht werden. Eine gegenseitige Ergänzung von individuell-kindlichen und fachlichen Perspektiven führt zu Synergien und Divergenzen, die es im Fachunterricht (im Primarbereich) auszuloten gilt.

Technisches Lernen im Primarbereich und Überlegungen zu einer gelingenden *förderungsorientierten Partizipation aller Kinder* müssen der vorausgegangenen Argumentation folgend im Zusammenhang gedacht werden. Dazu ist es unumgänglich, ein Verständnis von Technik als Wirklichkeitsbereich und technischer Bildung als Teil der Allgemeinbildung aufzubauen (u. a. Schlangenhauf, 2016; Stuber, 2016). Die Fachdidaktik Werken als technisches Gestalten fokussiert deshalb das Erreichen einer technischen, ästhetischen und handwerklichen Literalität unter Berücksichtigung problemlösungsorientierter und kreativer Lernprozesse von Kindern mit individuellen Lernausgangslagen (vgl. die Beispiele bei Bauer et al. in diesem Band sowie Steinmann & Mikutta, im Druck).

1.4 Technisches Gestalten im Primarbereich: Bildungsabsichten und Positionierung im Umgang mit Diversität

Kinder leben in einer sich rasch wandelnden technisierten Welt und in einer davon entscheidend geprägten Gesellschaft. Eine »geistige Bewältigung« (Stuber, 2016: 11) dieser Situation beinhaltet den verantwortungsvollen Umgang mit technischen Artefakten und ein zielbewusstes Handeln. Die gesellschaftliche Relevanz, das Leben in einer »Technosphäre« (ebd.: 18) und der damit verbundene Komplexitätsgrad machen Auseinandersetzungen notwendig, die sich fernab von einem reinen »Hineinwachsen lassen« (ebd.: 18) verorten. Vielmehr geht es um die verantwortungsvolle pädagogisch-didaktische Heranführung an das Ziel der technischen Literalität (International Technology Education Association – ITEA, 2009). Zentral etablierte Bildungsabsichten in entsprechenden Rahmenplänen für den Primarbereich transportieren ein Verständnis technischen Lernens als Hilfe zur Persönlichkeitsentwicklung (Stuber, 2016) im Erwerb kognitiver, aktionaler und evaluativer Kompetenzen:

»Effective democracy depends on all citizens participating in the decision-making process. Because so many decisions involve technological issues, all citizens need to be technologically literate.« (ITEA, 2009: 2)

Im Bundesland Sachsen hat das Fach Werken eine lange Tradition, was nicht zuletzt die Fachbezeichnung erahnen lässt. Nichtsdestotrotz wird von dem Ziel der »technisch-ökonomischen Bildung [als] speziellem Beitrag zur ganzheitlichen Entwicklung des Kindes« (Sächsisches Staatsministerium für Kultus, 2004/2019: 2) gesprochen und damit der fachspezifische Beitrag zur allgemeinen Bildung angestrebt.

Technisches Gestalten im Primarbereich ist zudem aus anthropologischer und entwicklungspsychologischer Perspektive prädestiniert, ästhetische, technische und handwerkliche Bildungsabsichten (Birri, 2003; Homburger, 2007; Steinmann & Mikutta, im Druck) synergetisch zu betrachten.

Eine fachdidaktische Konzeption des *Technischen Gestaltens* als das Zusammenwirken von technischer Handlungskompetenz und technischer Gestaltungsfähigkeit kann diesen Ansprüchen potenziell gerecht werden, wenn fachliche, soziale und personale Fähigkeiten als Voraussetzung dienen, Lernende in die Lage zu versetzen, in technikgeprägten Alltagssituationen selbstwirksam, sachverständig und wertbezogen zu handeln (Schlangenhaut, 2016; Jensen et al., 2012). *Technisches Gestalten im Primarbereich* unter diesem Fokus eröff-



Abb. 1: Leipziger Fachverständnis Werken als technisches Gestalten – Bildungsbereiche und Leitprinzip Forschen und Gestalten (© Andreas Mikutta & Annett Steinmann).

net eindeutig Potenzial für eine inklusionsorientierte Fachdidaktik, wenn das Prinzip der individuellen Lernausgangslagen-, Ressourcen- und Bedürfnisorientierung im Fokus der fachdidaktischen Inhaltsgenerierung steht (vgl. Abb. 1). Darüber hinaus muss sich *Technisches Gestalten im Primarbereich* an Leitlinien einer inklusionsorientierten Fachdidaktik ausrichten: Der produktive Umgang mit herausfordernd-heterogenen Lernausgangslagen und das Ziel der persönlichen Exzellenz jedes Lernenden müssen konzeptionsleitend grundgelegt werden (vgl. Kapitel 1.1).

Aus diesen Annahmen ergeben sich fachdidaktische Schwerpunktsetzungen, die eine *förderungsorientierte Partizipation* anvisieren und umzusetzen versuchen.

2 Förderungsorientierte Partizipation im technischen Gestalten des Primarbereichs

Die folgenden *Schwerpunktsetzungen* sollen immanent vorhandenes Potenzial zur Verwirklichung einer *förderungsorientierten Partizipation* (FOP) aller Lernenden veranschaulichen und erste Ansatzpunkte vorbereiten, um inklusionsdidaktische Forschungsvorhaben abzuleiten (vgl. Abb. 2).

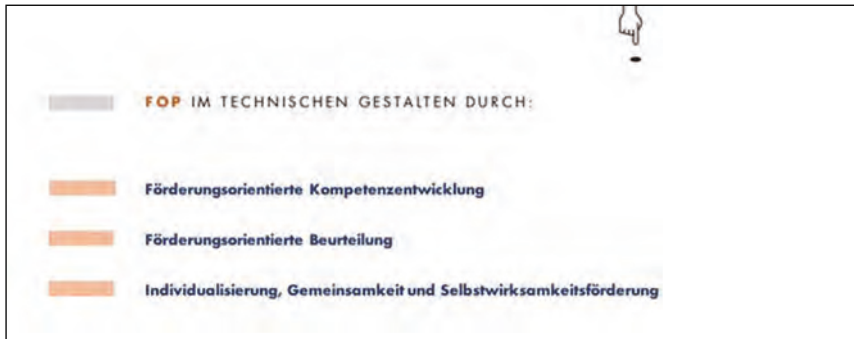


Abb. 2: Förderungorientierte Partizipation im Technischen Gestalten des Primarbereichs (© Annett Steinmann, 2019).

2.1 Förderungorientierte Kompetenzentwicklung

Kompetenzen müssen fachdidaktisch und im Hinblick auf einen produktiven Umgang mit vielfältigen Lernausgangslagen als Dispositionen zum Handeln verstanden werden, die als problemlösungsorientierte Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten verfügbar oder anregbar sind (Weinert, 2001). In technischen Gestaltungsprozessen unter Betonung der selbsttätigen technologischen und gestalterischen Auseinandersetzung mit problemhaltigen Lernaufgaben versagen Kompetenzmodelle, die rein kognitive Aspekte betonen und psychomotorische kaum berücksichtigen. Im Kompetenzmodell von Jensen et al. (2012) wird deshalb der psychomotorische Fokus bewusst betont, um sich dem Ziel einer Handlungskompetenz im Verständnis einer technisch-handwerklich-ästhetischen Literalität bewusst anzunähern (vgl. Steinmann & Mikutta, im Druck).

Das Zusammenwirken von Gestaltungsfähigkeit und technischer Handlungskompetenz³ mit einer kriterien- und niveaustufengeleiteten Deskrip-

3 Jensen et al. beschreiben Gestaltungsfähigkeit als »(...) die Fähigkeit einer Person, durch Denken und Handeln eine Sache (ein materielles Objekt, eine Struktur, einen Prozess, ein Gedankengut) neu herzustellen, zu verändern, weiterzuentwickeln und dadurch der Sache eine bestimmte Gestalt, ein bestimmtes Erscheinungsbild zu geben.« (Jensen et al., 2012: 8) Handlungskompetent ist eine Person, »die aktiv und selbstorganisiert handeln und dieses Handeln auf die Umsetzung von Plänen und Vorhaben in einem bestimmten Lebensbereich richten kann.« (ebd.: 8) Voraussetzungen sind fachliche (hier: technische), personale sowie soziale Fähigkeiten und Fertigkeiten.



Abb. 3: Technische Lernaufgabe »Schul- und Alltagsassistent« in einer inklusiven 1. Klasse des Primarbereichs: Ranzenroller (© Annett Steinmann).

tion der einzelnen Kompetenzbereiche (Fach-, Selbst- und Sozialkompetenz) schafft in Korrespondenz mit Rahmen- und Bildungsplänen individuelle Zugänge und Orientierungen. Gleichsam eröffnen sich subjektbezogene Ausgestaltungsfreiräume für individuelle Förderbedarfe und Lernzugänge. Hier lassen sich direkte Verbindungen zu Feusers Idee der *Möglichkeitsräume* herstellen. Das bewusste Zusammendenken von Fachwissen und -können und sozial-emotionalen Fähigkeiten innerhalb technisch geprägter Lernaufgaben wie beispielsweise der Erfindung einer »Schul- und Alltagsassistent«⁴ (vgl.

4 Diese projektartige Auseinandersetzung wurde im Rahmen eines fachdidaktisch angelegten Moduls im Rahmen einer Lehrveranstaltung mit Studierenden des 5. Fachsemesters vorbereitet und im inklusiven Primarschulkontext erprobt. Der planerische Fokus lag auf Werkaufgaben als *gemeinsame Lerngegenstände* und damit auf der Ermöglichung von bedürfnis-, lernausgangslagen- und förderungsorientierten Lernzugängen im technischen Gestalten. Die Werkaufgabe selbst stellte an die Lernenden (mit oder ohne sonderpädagogischem Förderbedarf) die Herausforderung, über das Rahmenthema »Schul- und Alltagsassistent« ein Objekt zu erfinden, das für jeden Lernenden individuell den Schulalltag erleichtert. Dabei wurden Lernprozesse über die konkrete bildungsplankonforme Materialität geleitet und Beurteilungskriterien formuliert, die individuellen Lern- und Förderzielen entsprachen.

Abb. 3) im Primarbereich bieten besondere Potenziale im Bereich des experimentellen Umgangs mit Materialität, der sachgerechten Anwendung entsprechender Verfahren und Werkzeuge, des ziel- und problemlöseorientierten Methodeneinsatzes und der Verwendung von Fachsprache.

Sozial-emotionale Fähigkeiten liegen exemplarisch im Ausbau des Selbstvertrauens, der Ausdauer, der Kooperations- und Konfliktfähigkeit durch gemeinschaftliches Bearbeiten und gegenseitiges Wertschätzen im technischen Problemlöseprozess. Die Momente der sozialen und individuellen Bereitschaft zur (technischen) Problemlösung verweisen auf Überlegungen zu Empowerment und Gemeinsamkeit sowie Ressourcenorientierung bei *allen* Lernenden, insbesondere aber bei denen mit herausfordernden Lernausgangslagen. Zur Annäherung an eine *förderungsorientierte Partizipation* im dargelegten Begriffsverständnis muss auch die Beurteilung technischer Gestaltungsprozesse und der individuellen Erkenntnisobjekte darauf ausgerichtet sein (vgl. Abb. 3).

2.2 Förderungsorientierte Beurteilung

Ziel eines kompetenz-inklusionsorientierten Unterrichts auf der Basis eines konstruktivistischen und ressourcenorientierten Lernverständnisses muss konsequent eine (individuelle) Lernprozessförderung mit dem Ziel der persönlichen Exzellenz sein. Lernumgebungen für *technisches Gestalten im Primarbereich* müssen Lernaufgaben fokussieren, die das Prinzip des »Beurteilens und Förderns« (Stuber et al., 2012: 19) berücksichtigen und damit eine förderungsorientierte, lernziel- und kompetenzorientierte, umfassende und transparente Persönlichkeitsentwicklung ermöglichen (flut-Modell nach Stuber et al., 2012; vgl. Abb. 4).

Auf der Basis gemeinsamer technisch-gestalterischer Lerngegenstände (Stuber, 2016; Jensen et al., 2012; Feuser, 2013) orientieren sich Lernaufgaben an der Zone der nächsten Entwicklung und den realen Förderbedarfen in Korrespondenz mit Bildungs- und Rahmenplänen. Prozess und Produkt innerhalb technischer Problemlösungen finden gleichermaßen Berücksichtigung und führen zu einer umfassenden Evaluation des gemeinschaftlichen und

Ein entsprechendes Projektergebnis zeigt Abbildung 3 in Form eines *Ranzenrollers*. Ziel solcher Projekte sind immanent die Entwicklung von Erkenntnisobjekten, die Ausgangspunkt bieten, weiter gedanklich an der technisch-gestalterischen und bedürfnisorientierten Veränderung und Verbesserung der Produkte zu arbeiten und diese umzusetzen.



*Abb. 4: Das flut-Modell nach Stuber et al., 2012
(Grafik: Andreas Mikutta & Annett Steinmann).*

individuellen Lernprozesses. Durch transparente Beurteilungskriterien werden Lernende immanent selbsttätig am Gestaltungs- und Lernprozess beteiligt, indem von Beginn der Auseinandersetzung an deutlich ist, welche Kriterien zu einer umfassenden Beurteilung herangezogen werden. Ein ausgeglichenes Maß an fachlicher Herausforderung und Lernausgangslagenorientierung führt zu Unterstützung, zur Vermeidung von Über- und Unterforderung und damit zu individuellem Lernfortschritt (Adamina & Stuber, 2016).

Im Kontext der Werkaufgabe »Schul- und Alltagsassistentenz« (vgl. Kap. 2.1) bedeutet dies zum einem, die Kriterien der fachlichen Auseinandersetzung zu beurteilen und anhand der festgelegten Kriterien (z. B. Materialverwendung, adäquate Nutzung von Werkzeugen, Funktionalität, ...) zu beurteilen, zum anderen aber auch die Förderbedarfe der Primarschüler*innen im Blick zu haben und Förderungspotenziale auszumachen (im Bereich der Motorik, des zielorientierten Arbeitens, der Selbstständigkeit, der Kooperationsfähigkeit, der Handlungsregulation, ...).

2.3 Individualisierung, Gemeinsamkeit, Selbstwirksamkeitsförderung

Ein produktiver Umgang mit vielfältig herausfordernden Lernausgangslagen und die Annahme der Lernenden als aktiv-selbstwirksame Subjekte, deren Selbstvertrauen förderbar ist, schafft gute Ausgangsbedingungen für technisch-inklusives Lernen (Isler, 2018). Selbstwirksamkeitsüberzeugungen sind gleichsam Lernvoraussetzung und in der produktorientierten Auseinandersetzung förderbar. Spätestens seit Banduras sozial-kognitiver Lerntheorie sind positive Effekte auf das Lernen in den pädagogischen Diskurs aufgenommen (Stuber, 2016). Aktuelle Forschungsarbeiten von Schwarzer und Jerusalem (2002) belegen, dass, wenn es im Primarbereich gelingt positive Selbstwirksamkeitserwartungen zu etablieren, diese im Jugendalter stabil bleiben.

Überträgt man die Wirkmechanismen auf *technisches Gestalten im Primarbereich*, so kann angenommen werden, dass das Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten bei herausfordernden (technischen) Aufgabenstellungen zu steigendem Selbstvertrauen führt und das technisch-gestaltete Erkenntnisobjekt die erfolgreiche Problemlösung sichtbar macht. Die spezifische Beziehungsebene zwischen Lehrperson und Heranwachsenden in der technisch-individuellen Objektgestaltung sowie eine produktive Feedbackkultur im Lernprozess bieten gute Bedingungen für die Förderung von Selbstvertrauen.

Auch oder gerade für Kinder mit herausfordernden Lernausgangslagen kann Selbstwirksamkeitsförderung in technischen Gestaltungsprozessen der zentrale Motor einer gelingenden inklusiven Lernsituation sein: inspirierend-herausfordernde technische Problemlöseaufgaben (vgl. die Lernaufgabe »Schul- und Alltagsassistenz« in Fußnote 4) schaffen gemeinsame und individuelle *Möglichkeitsräume* mit expliziter Ausrichtung auf Selbst- und Sozialkompetenzerleben sowie biografie- und individuumsbezogene Lernanlässe. Bezogen auf den Technikunterricht im Primarbereich liegt für Schüler*innen mit ausagierend-aggressivem Verhalten deshalb der (Förder-)Schwerpunkt in der kooperativ-handelnden Auseinandersetzung im technischen Lernprozess und in einer zielführend-erfolgreichen Produkterstellung.

3 Forschen und Gestalten als fachdidaktisch-inklusionsorientiertes Leitprinzip

Schlussfolgernd etabliert sich für den Primarschulkontext am Universitätsstandort Leipzig seit 2018 ein fachdidaktisches Leitprinzip, welches den Anspruch erhebt, den dargelegten Schwerpunktsetzungen technisch-inklusionsorientierter Gestaltung im Primarbereich gerecht zu werden: das *Forschen und Gestalten* (vgl. Abb. 5 sowie weiterführend die bei Bauer et al. beschriebenen Beispiele in diesem Band).

Dieses Leitprinzip und Prozessmodell orientiert sich an etablierten Phasenmodellen wie dem kreativen Prozess (Goleman, 1997), dem Design-(Thinking-)Prozess (Pillau, 2013, Stuber, 2016) und den Phasen des methodischen Problemlösens (Stuber et al., 2012) als fachdidaktisch-beeinflussbare Prozesse zur Förderung handwerklich-technisch-ästhetischer Literalität.

Die produktive Beteiligung im Verständnis einer Lernprozessesstrukturierung *aller Lernenden* setzt voraus, dass Lernaufgaben zum Einsatz kommen, die Heterogenität produktiv berücksichtigen. In Erfinder*innenateliers, Material- und Verfahrensateliers und / oder durch problemorientierte Werkauf-



Abb. 5: *Forschen und Gestalten: Leitprinzip und Prozessmodell nach Steinmann, 2018 (Grafik: Andreas Mikutta & Annett Steinmann).*

gaben werden Lernende unter Berücksichtigung ihrer individuellen Lernausgangslage herausgefordert, selbstwirksam zu werden und technische Gestaltungsaufgaben positiv zu bewältigen.

Aktuell finden sich unter dem Schwerpunkt *Forschen und Gestalten im Elementar- und Primarbereich (FUGIPE)* im Fachbereich Grundschuldidaktik Werken am Universitätsstandort Leipzig mehrere Forschungsprojekte wieder. Neben dem Fokus der *förderungsorientierten Partizipation* stehen Lernverläufe, Wirksamkeiten von inklusionsorientierten Lernsettings und Effekte im Hinblick auf technische Kreativitäts- und Selbstwirksamkeitsförderung im Forschungsmittelpunkt. Erste Ergebnisse zeigen tendenziell positive Effekte und tragen damit sehr eindrücklich zu fachdidaktischen Innovationsprozessen und zur Hypothesengenerierung in Bezug auf weitere fachdidaktische Forschungen bei (hier sehr knapp erläutert, weiterführend in Steinmann, 2019).

Literatur

- Adamina, M. & Stuber, T. (2016): Kompetenzorientierung. In: Stuber, T. (Hrsg.), *Technik und Design. Grundlagen*. Bern: Hep Bildungsvlag, 250–260.
- Ahn, S. & Choi, J. (2004): Teachers' Subject Matter Knowledge as a Teacher Qualification: A Synthesis of the Quantitative Literature on Students' Achievement. Paper presented at the American Educational Research Association. San Diego: CA.
- Ahrbeck, B. (2017): Schulische Inklusion. *Zeitschrift für pädagogische Psychologie* 31(1), 5–11. <https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000193>.
- Amrhein, B. & Reich, K. (2014): Inklusive Fachdidaktik. In: Amrhein, B. & Dziak-Mahler, M. (Hrsg.), *Fachdidaktik inklusiv. Auf der Suche nach didaktischen Leitlinien für den Umgang mit Vielfalt in der Schule*. Münster: Waxmann Verlag, 31–44.
- Birri, C.; Oberli, M. & Nyffeler, C. (2003): Lehrmittel Fachdidaktik des technischen Gestaltens/Werken. Basel.
- Borns, E. M. & Pillich-Krogoll, A. (2012): Eigenverantwortliche Schule. Einführung einer mittleren Führungsebene. *Schulmanagement* 1, 12–15.
- Campell, C. & Trotter, J. (2007): Invisible' young people: The paradox of participation in research. *Vulnerable Children and Youth Studies*, 2, 21–23. <https://doi.org/10.1080/17450120701214053>.
- Ellinger, St. & Stein, R. (2012): Effekte inklusiver Beschulung: Forschungsstand im Förderschwerpunkt emotionale und soziale Entwicklung. *Empirische Sonderpädagogik*, 4, 85–109.

- Faber, A. (2012): Governance in der Schulpolitik. *Schulverwaltung Nordrhein-Westfalen*, 11, 295–297.
- Feuser, G. (2013): Die »Kooperation am gemeinsamen Gegenstand«. *Behinderte Menschen*. Heft 3, 17–35.
- Fornefeld, B. (Hrsg.) (2008): Menschen mit Komplexer Behinderung. Selbstverständnis und Aufgaben der Behindertenpädagogik.
- Goleman, D. (1997): Kreativität entdecken. Hanser Verlag.
- Hattie, J. (2013): Lernen sichtbar machen. Baltmannsweiler: Schneider Verlag.
- Hennemann, T.; Ricking, H. & Huber, C. (2015): Organisationsformen inklusiver Förderung im Bereich emotionaler und sozialer Entwicklung. In: Stein, R. & Müller, T. (Hrsg.), *Inklusion im Förderschwerpunkt emotionale und soziale Entwicklung*. Dortmund: Kohlhammer, 110–143.
- Homburger, U. (2007): Referenzrahmen für Gestaltung und Kunst. Zürich: Pädagogische Hochschule.
- International Technology Education Association (2009): Standards for Technology Education. Content for the Study of Technology. Executive Summary.
- Isler, R. (2018): Selbstwirksamkeit. In: Stuber, T. (Hrsg.), *Technik und Design. Grundlagen*. Bern: Hep Bildungsverlag, 296–307.
- Jensen, H.; Somazzi, M. & Weber, K. (Hrsg.) (2012): Handlungskompetenz im technischen und textilen Gestalten. Beschreiben – Aufbauen – Einschätzen: Ein Kompetenzmodell für die Unterrichtspraxis. Bern: schulverlag plus.
- Jordan, A.; Schwartz, E. & Mc-Ghie-Richmond, D. (2009): Preparing teachers for inclusive classrooms. *Teaching and Teacher Education*, 25, 535–545. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2009.02.010>.
- Katzenbach, D. (2015): Zu den Theoriefundamenten der Inklusion. Eine Einladung zum Diskurs aus der Perspektive der kritischen Theorie. In: Schnell, I. (Hrsg.), *Herausforderung Inklusion. Theoriebildung und Praxis*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 19–32.
- Koop, B. (2007): Inklusive Überzeugung und Selbstwirksamkeit im Umgang mit Heterogenität – Wie denken Studierende des Lehramts für Grundschulen? Online unter: <http://www.psychologie-aktuell.com/fileadmin/download/esp/1-2009/kopp.pdf> (18.03.2020).
- Köpfer, A. (2013): Inclusion in Canada – Analyse inklusiver Unterrichtsprozesse, Unterstützungsstrukturen und Rollen am Beispiel kanadischer Schulen in den Provinzen New Brunswick, Prince Edward Island und Quebec. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Lindmeier, C. (2012): Heilpädagogik als Pädagogik der Teilhabe und Inklusion. *Sonderpädagogische Förderung heute*, 1, 25–44.
- Lütje-Klose, B. (2013): Inklusion – Herausforderung für Schul- und Unterrichtsentwicklung. *Pädagogik* Heft 9, 34–37.

- Pillau, A. (2013): Was ist Design Thinking? Vom Designvorgang zum kreativen Problemlösungsprozess für Wirtschaft und Ausbildung. *Kunst und Unterricht*. Heft 371–372, 70–74.
- Prenzel, A. (2013): Inklusive Bildung in der Primarstufe. Eine wissenschaftliche Expertise des Grundschulverbandes. Frankfurt am Main.
- Reich, K. (2014): Inklusive Didaktik. Weinheim: Beltz.
- Riedel, E. (2010): Gutachten zur Wirkung der internationalen Konvention über die Rechte von Menschen mit Behinderung und ihres Fakultativprotokolls auf das deutsche Schulsystem. Dortmund u. a.: Gemeinsam Leben, Gemeinsam Lernen – Landesarbeitsgemeinschaft NRW e. V. Online unter: gemeinsam-leben.nrw.de (20.09.2019).
- Sächsisches Staatsministerium für Kultus (2004/2019): Lehrplan Werken. Dresden.
- Schlangenhaut, W. (2016): Technik und technische Bildung. In: Stuber, T. (2016) (Hrsg.), *Technik und Design. Grundlagen*. Bern: Hep Bildungsverlag, 27–37.
- Schwarzer, R. & Jerusalem, M. (2002): Das Konzept der Selbstwirksamkeit. *Zeitschrift für Pädagogik*, Selbstwirksamkeit und Motivationsprozesse in Bildungssituationen. 44. Beiheft, 28–53.
- Speck, O. (2010): Schulische Inklusion aus heilpädagogischer Sicht. München: Reinhardt.
- Stähling, R. & Wenders, B. (2011): Ungehorsam im Schuldienst. Der praktische Weg einer Schule für alle. Baltmannsweiler: Schneider.
- Steinmann, A. (2018): Förderungsorientierte Partizipation in technischen Gestaltungsprozessen – Gelingensaspekte prozess- und kompetenzorientierter Aufgabenformate. Vortrag im Rahmen der 4. Leipziger Werkzeuge zum Thema Kompetenzorientiertes technisches Gestalten-Lernaufgaben im Horizont von Heterogenität. Leipzig.
- Steinmann, A. (2019): Individuelle Lernausgangslagen in technischen Gestaltungsprozessen des Elementar- und Primarbereichs – Förderungsorientierte Partizipation durch geeignete Aufgabenformate? In: Pech, D.; Schomaker, C. & Simon, T. (Hrsg), *Inklusion im Sachunterricht. Perspektiven der Forschung*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 113–128.
- Steinmann, A.; Bauer, D. & Lange-Schubert, K. (im Druck): »Überwindung von Dunkelheit« – Forschen und Gestalten in Erfinder*innenateliers zum Thema Schwachstrom. Begleitband zur technischen Perspektive des Perspektivrahmens Sachunterricht.
- Steinmann, A. & Mikutta, A. (im Druck): Designpädagogik trifft technisches Gestalten im Primarbereich. Impulse für eine fachliche Neuorientierung. München: Kopaed. Reihe: *Design & Bildung*. Schriftenreihe zur Designpädagogik. Band 3. Design trifft Bildungswissenschaft.
- Stuber, T. (2016) (Hrsg.): Technik und Design. Grundlagen. Bern: Hep Bildungsverlag.

- Stuber, T. et al. (2012): Werkweiser 2: Handbuch für Lehrpersonen für technisches und textiles Gestalten. 3.–6. Schuljahr. Bern: Schulverlag.
- Wachtel, P. (2010): Situation und Perspektiven des Förderschwerpunktes emotionale und soziale Entwicklung. In: Ricking, H. & Schulze, G. C. (Hrsg.), *Förderschwerpunkt in der emotionalen und sozialen Entwicklung*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 14–28.
- Weinert, F. (2001) (Hrsg.): Leistungsmessung in Schulen. Weinheim: Beltz.
- Werning, R. (2014): Stichwort: Schulische Inklusion. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 17, 601–623. <https://doi.org/10.1007/s11618-014-0581-7>.
- Wocken, H. (1998): Gemeinsame Lernsituationen. Eine Skizze zur Theorie des gemeinsamen Unterrichts. In: Hildeschiedt, A. & Schnell, I. (Hrsg.), *Integrationspädagogik. Auf dem Wege zu einer Schule für alle*. Weinheim, München: Juventa, 37–52.

Autorin

Annett Steinmann

Akademische Mitarbeiterin an der Universität Leipzig, Institut für Pädagogik und Didaktik im Elementar- und Primarbereich, Grundschuldidaktik Werken Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Inklusionsorientierte Fachdidaktik, Technisches Gestalten im Primarbereich, Förderungsorientierte Partizipation im Elementar- und Primarbereich sowie der entsprechende Theorie-Schulpraxis-Transfer

Marschnerstraße 31, 04109 Leipzig, Haus III, Raum 019

annett.steinmann@uni-leipzig.de

Kapitel XI

Lernausgangslagenorientierte Bildung durch körperbasierte Zugangsweisen

Bausteine einer naturwissenschaftlich-technischen Lernumgebung im Primarbereich

Maximilian Seidler

Abstract

Die Lebenswelt von Schüler*innen ist geprägt durch die Nutzung von technischen Artefakten und die Begegnung mit naturwissenschaftlichen Phänomenen, weshalb dem Sachunterricht im Primarbereich die bedeutungsvolle Aufgabe zukommt, Kinder darin zu bilden, ihre Lebenswelt zu erschließen. In der Umsetzung dieser Zielstellung zeigt sich hinsichtlich der Unterrichtung von Schüler*innen mit individuellen Lernausgangslagen ein Forschungsdesiderat im Sachunterricht. Aufbauend auf der theoretischen Sichtweise, dass körperbasierten Zugangsweisen Potenzial für die Unterrichtung von Schüler*innen mit individuellen Lernausgangslagen zugesprochen wird, soll der nachfolgende Artikel Bausteine einer lernausgangslagenorientierten naturwissenschaftlich-technischen Lernumgebung für den Primarbereich aufzeigen. Zudem wird ein Einblick in das eigene Forschungsvorhaben gegeben.

1 Ausgangslage

Um technische Bildung zu ermöglichen, bedarf es einerseits technischer Kenntnisse und technikbezogener Fähigkeiten und Fertigkeiten. Andererseits sind auch naturwissenschaftliche Grundlagen erforderlich, um sich Funktionsweisen von Technik zu erschließen und diese zu verstehen (vgl. Mammes & Tuncsoy, 2013: 12). Somit kommt gerade der naturwissenschaftlich-technischen Bildung eine bedeutsame Rolle zu, um das Leitziel des Sachunterrichts der Grundschule, »Kinder darin zu unterstützen, ihre natürliche, kulturelle, soziale und technische Umwelt sachbezogen zu verstehen, sie sich auf dieser Grundlage bildungswirksam zu erschließen und sich darin zu orientieren,

mitzuwirken und zu handeln« (GDSU, 2013: 9), zu erreichen. Dieser Maßgabe in einem Unterricht mit Schüler*innen mit individuellen Lernausgangslagen¹ nachzukommen, stellt eine zentrale Herausforderung an das didaktisch-pädagogische Handeln in Schulen dar. So zeigt sich laut Ahrbeck (2017) und Werning (2014), dass dieser Herausforderung auf empirischer Ebene nur durch eine geringe Anzahl an Forschungsbefunden begegnet werden kann (vgl. Ahrbeck, 2017: 7 f.; Werning, 2014: 610) und sich »die Erforschung der inklusiven Beschulung [...] in vielerlei Hinsicht noch am Anfang« (Ahrbeck, 2017: 7) befindet. Eine ähnliche Situation zeigt sich in der Didaktik des Sachunterrichts, in der sich ebenfalls nur wenige empirische Befunde zum gemeinsamen Unterricht finden (Schroeder, 2014: 291; Lange-Schubert & Tretter, 2017a: 287; Pech et al., 2019: 12). Ableitend daraus ergibt sich die Fragestellung, wie naturwissenschaftlich-technischer Sachunterricht gestaltet werden muss, um Schüler*innen mit individuellen Lernausgangslagen im Primarbereich bei der Erschließung ihrer Lebenswelt zu unterstützen.

Dieser Fragestellung soll sich im vorliegenden Artikel angenommen werden, wobei der Forderung von Seitz (2008) zur empirischen Inklusionsforschung, bei der es einer Zusammenführung von inklusionspädagogischen und allgemeindidaktischen Konzepten bedarf (vgl. Seitz, 2008b: 231), nachgegangen werden soll. Gerade im Sachunterricht wurden Diskurse zur Inklusion und dem naturwissenschaftlich-technischen Unterricht überwiegend getrennt voneinander geführt, weshalb der Artikel einen Beitrag zur Zusammenführung verschiedener Wissensbestände liefern soll (vgl. Seidler, in Vorbereitung). Aufbauend auf den Prinzipien eines naturwissenschaftlich-technischen und lernausgangslagenorientierten Sachunterrichts, soll die Begrifflichkeit der *körperbasierten Zugangsweisen* skizziert werden, um abschließend einen Ausblick auf das eigene Forschungsvorhaben zu geben.

1 Individuelle Lernausgangslagen meinen, dass alle Schüler*innen verschiedene Lernbedürfnisse und -ausgangslagen besitzen, wobei Vielfalt als Normalität (vgl. Hinz 2002, S.357) verstanden wird.

2 Naturwissenschaftlich-technische Bildung im Primarbereich

»Die reflektierte Teilhabe an einer durch Technik und Naturwissenschaften geprägten Welt ist [...] heute ohne naturwissenschaftliche Grundbildung nicht möglich« (Lange-Schubert & Rothkopf, 2017: 38). Gerade da naturwissenschaftliche Grundlagen zur Realisierung von technischer Bildung erforderlich sind (vgl. Mammes & Tuncsoy, 2013: 12), bietet sich eine Vernetzung im Sinne eines perspektivenverbindenden Arbeitens innerhalb des Sachunterrichts an. Dabei werden Fragen und Probleme aus der Lebenswelt der Kinder nicht nur aus einer, sondern aus mehreren Perspektiven bearbeitet (vgl. GDSU, 2013: 15). Zudem orientiert sich technischer Sachunterricht bereits in der Konzeptionierung am Naturwissenschaftlichen (Beinbrech, 2017: 127; Möller, 2016: 205), weshalb sich eine Vernetzung beider Perspektiven anbietet.

Zur Realisierung von naturwissenschaftlich-technischer Bildung bedarf es letztlich der Beachtung folgender sechs unterrichtlicher Prinzipien:

Präkonzepte der Schüler*innen als Ausgangspunkt unterrichtlichen Lernens

Den Ausgangspunkt jeglichen Lernens stellen die Präkonzepte, Fragen und Problemstellungen der Schüler*innen dar (vgl. Adamina & Möller, 2013: 110; Lange-Schubert & Tretter, 2017a: 283; Lange-Schubert & Rothkopf, 2017: 41), wobei aufbauend auf diesen, Unterricht konzipiert werden sollte. Eine adaptive Unterrichtung im Sinne einer Anpassung an die Präkonzepte ist insofern wichtig, da »die Lernenden vorhandene Vorstellungen und Begriffe nutzen, um Phänomene zu deuten oder Fragen zu erklären« (Möller, 2013: 68). Zudem zeigt sich, dass Unterricht, welcher Vorerfahrungen zu Beginn und im weiteren Verlauf des Unterrichts aufgreift, als lernwirksamer einzuschätzen ist (vgl. Lange-Schubert & Rothkopf, 2017: 45). Ziel des naturwissenschaftlich-technischen Lernens ist dabei eine Konzeptveränderung (Conceptual-Change), ausgehend von den Vorerfahrungen zu belastbaren Konzepten (vgl. Lange-Schubert & Rothkopf, 2017: 45). Diese Veränderung ist jedoch nicht als Wechsel, sondern als Umstrukturierungsprozess (vgl. Lange-Schubert & Rothkopf, 2017: 45) zu verstehen, wobei »Teile des initialen Konzepts mit Teilen der wissenschaftlichen Konzepte vermischt und zu sogenannten Hybridvorstellungen zusammengefügt« (Lange-Schubert & Rothkopf, 2017: 45) werden.

Inhaltliche Strukturierung

Inhaltliche Strukturierung kann einerseits als strukturierte Organisation des Unterrichtsablaufs durch verschiedene Unterrichtsphasen, andererseits als Strukturierung des Lerngegenstands, im Sinne einer Anpassung der Lernsituationen an die individuellen Lernvoraussetzungen der Schüler*innen, verstanden werden (vgl. Kleickmann, 2012: 7 f.). So zeigt sich empirisch, dass ein Unterricht mit sequenzierten Teilfragen, Aufgabenstellungen, vorgegebenen Versuchen und offenen Materialangeboten, mit Blick auf Langzeitwirkungen weniger Fehlkonzpte und anspruchsvollere Konzepte produziert (vgl. Möller et al., 2006: 165, 174). »Strukturierende Maßnahmen in schülerorientierten Lernumgebungen scheinen sich bei anspruchsvollen Inhalten positiv auf den nachhaltigen Abbau von Fehlkonzpten, auf den Aufbau wissenschaftsnaher Vorstellungen, auf die Anwendbarkeit von Wissen und die nachhaltige Integration von Wissen auszuwirken« (Möller et al., 2006: 175).

Orientierung an guten Aufgaben

Die Orientierung an guten Aufgaben im naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht meint, dass Unterricht Schüler*innen zum Handeln, im Sinne des planvollen Tuns und der kognitiven Durchdringung, ermutigen sollte. Die Möglichkeiten, sich Wissen selbstständig anzueignen und zu erweitern, den Interessen nachzugehen, dieses auf- bzw. auszubauen und die Förderung von Sachlichkeit stellen weitere Aspekte guter Aufgaben dar (vgl. Grygier & Hartinger, 2012: 8–11). Allgemein betrachtet sollen diese für Schüler*innen »motivierend und herausfordernd, anspruchsvoll, individuell und selbstständig bearbeitbar oder problemorientiert sein« (Grygier & Hartinger, 2012: 11).

Soziales und kooperatives Lernen

Neben individuell zu bearbeitenden Aufgaben sollte Unterricht Möglichkeitsräume zu sozialem und kooperativem Lernen ermöglichen (Lange-Schubert & Rothkopf, 2017a: 283). So besteht besonderes Potenzial in der gemeinsamen Konstruktion und Aushandlung von Erklärungen zu Phänomenen oder Funktionsweisen. Schüler*innen sollten zunächst die Möglichkeit bekommen, Ideen selbstständig zu formulieren, um anschließend in den gemeinsamen Austausch bzw. in das gemeinsame Konstruieren von Erklärungen einzusteigen (Lange-Schubert & Rothkopf, 2017a: 283; Lange-Schubert & Rothkopf,

2017: 55; Beinbrech, 2017: 130). Gerade im gemeinsamen Austausch über Vorstellungen kann zum Aufbau bzw. zur Weiterentwicklung von Konzepten beigetragen werden (vgl. Hardy et al., 2017: 12).

Handlungsorientiertes Lernen

Handlungsmöglichkeiten im naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht werden besondere Bedeutung zugesprochen, da Schüler*innen ihre Vorstellungen in der Auseinandersetzung mit der Umwelt erwerben und erweitern (vgl. Lange-Schubert & Rothkopf, 2017: 52; Beinbrech, 2017: 127 f.; Adamina & Möller, 2013: 106 f.). Gerade die praktische Aktivität mit dem Lerngegenstand führt laut Minner et al. (2010) zu einer Verbesserung des konzeptionellen Lernens, wobei jedoch allein praktische Aktivitäten nicht ausreichen. Neben diesen bedarf es auch der kognitiven Einbettung, weshalb anschließende Diskussionen oder Reflexionen zu Erklärungen ermöglicht werden sollten (vgl. Minner et al., 2010: 491).

Problemorientiertes Lernen

Die Lösung eines Problems, im Sinne von problemorientierten Aufgabenstellungen, stellt ein weiteres Prinzip des naturwissenschaftlich-technischen Sachunterrichts dar (vgl. Beinbrech, 2017: 128; Mammes & Tuncsoy, 2013: 13; Käser & Stuber, 2016: 173 f.). Besondere Bedeutung kommt zunächst der Wahrnehmung des Problems und der anschließenden Phase des Erprobens, Erkundens oder Experimentierens zu, wodurch kreative Lösungen für das Problem gefunden werden sollen (vgl. Mammes & Tuncsoy, 2013: 13; Käser & Stuber, 2016: 174). In Anknüpfung an das Prinzip der Strukturierung, bieten sich die Phasen des methodischen Problemlösens als Strukturierungshilfe für Schüler*innen und Lehrpersonen im Unterricht an (vgl. Käser & Stuber, 2016: 174; Stuber, 2017: 27 f.).

3 Individuelle Lernausgangslagenorientierung im Primarbereich – Aspekte einer inklusiven Sachunterrichtsdidaktik

Die Entwicklung einer inklusiven Sachunterrichtsdidaktik schreitet seit nunmehr fünfzehn Jahren voran (vgl. Pech et al., 2019: 9), wobei sich trotz anstei-

gender Zahl an Veröffentlichungen zur Thematik (vgl. Pech et al., 2019: 10) eine Forschungslücke und somit ein Mangel an inklusionspädagogischer Forschung ableiten lässt (vgl. Pech et al., 2019: 9–12, 2018b: 6). So rückten gerade unterrichtsbezogene Forschungen für pädagogische Fragestellungen und Schulentwicklungskonzepte in der Vergangenheit in den Hintergrund (vgl. Seitz, 2018: 100). In den wenigen Publikationen zu einem inklusiven Sachunterricht besteht Konsens darüber, dass (Sach-)Unterricht immer mit Differenzierung und Individualisierung verbunden ist (vgl. Pech et al., 2018a: 15; Kaiser & Seitz, 2017: 10), um anknüpfend an die individuellen Lernausgangslagen Kinder da abzuholen, »wo sie sich aktuell bewegen« (Kaiser & Seitz, 2017: 10).

Für die Gestaltung einer sachunterrichtlichen Lernumgebung, mit Blick auf die individuellen Lernausgangslagen von Schüler*innen, lassen sich deshalb folgende sechs Prinzipien darlegen:

Kern der Sache als Ausgangspunkt

»Ausgangspunkt der inklusiven Sachunterrichtsdidaktik ist die Frage nach dem Kern der Sache aus Sicht der Lernenden« (Pech et al., 2017: 124). In Erweiterung der Kinderperspektive erfolgt eine Anreicherung durch die fachliche Perspektive, wobei der Kern der Sache entsteht (vgl. Pech et al., 2017: 124; Seitz, 2008b: 230). Dieser Prozess verweist auf die Vermittlungsaufgabe zwischen kindlichen Interessen und den gesellschaftlich-kulturellen Sachzusammenhängen. Ziel dessen ist die Frage nach Ähnlichkeiten innerhalb individueller Lernausgangslagen, Interessen oder Lernwegen, wodurch Individualisierung und Gemeinsamkeit ermöglicht werden sollen (vgl. Seitz, 2008b: 230).

Natürliche Differenzierung

In Anlehnung an mathematikdidaktische Ansätze wird eine Orientierung am Konzept der *natürlichen Differenzierung* für den Sachunterricht vorgeschlagen (vgl. Lange-Schubert & Tretter, 2017a: 276, 2017b: 245; Ziegler et al., 2017: 217; Kaiser & Seitz, 2017: 11). Das Konzept der natürlichen Differenzierung meint, dass sich Aufgaben zu unterschiedlichen Schwierigkeitsniveaus in natürlicher Weise ergeben, sodass die Lernenden am gleichen Lernangebot und somit ähnlichen Fragen- und Problemstellungen arbeiten können (vgl. Krauthausen & Scherer, 2014: 49). Laut Krauthausen und Scherer (2014) sollte das Lernangebot inhaltlich, ganzheitlich und hinreichend komplex sein (vgl. Krauthausen &

Scherer, 2014: 50), »d.h., die Lernangebote dürfen nicht in ihre Einzelteile atomisiert und kleinschrittig didaktisch aufbereitet sein« (Krauthausen & Scherer, 2014: 50). Dies bedeutet jedoch nicht, dass sich alle Lernenden zur gleichen Zeit der vollen Komplexität des Lerngegenstands widmen müssen. Zwei weitere Kernelemente der natürlichen Differenzierung zielen einerseits auf die Freiheitsgrade der Lernenden, wobei sie über die Tiefe der Bearbeitung, der Verwendung von Hilfs- und Arbeitsmitteln oder Wahl der Bearbeitungswege selbst entscheiden. Andererseits sollten Lernumgebungen das soziale Lernen beachten, wobei dem Austausch über Erkenntnisse im Plenum eine besondere Rolle zukommt (vgl. Krauthausen & Scherer, 2014: 50f.).

Balance zwischen individuellen und gemeinsamen Lernsituationen

Eine ausgewogene Balance zwischen Gemeinsamkeit und Individualität wird als eines der Kernelemente einer lernausgangslagenorientierten (Sachunterrichts-)Didaktik verstanden (Seitz, 2008b: 228f., 2018: 101; Pech et al., 2018a: 16; Kaiser & Seitz, 2017: 17–21). So zeigt sich Unterricht darin, dass er nach dem Gemeinsamen in den verschiedenen Lernausgangslagen hinsichtlich des Lerngegenstands bzw. dem Kern der Sache fragt (vgl. Seitz, 2008b: 230). Individualität zeigt sich demnach in den Lernzielen, -wegen, -geschwindigkeiten und hinsichtlich des Lerninhalts (vgl. Korff, 2015: 54), da Schüler*innen bezogen auf den Kern der Sache »niemals [...] das Gleiche, sondern vielmehr jeweils das für sie Relevante« (Korff, 2015: 54) lernen und dabei Raum zur individuellen und selbsttätigen Erarbeitung erhalten (Korff, 2015: 54). Gemeinsamkeit zeigt sich demgegenüber im Lernen von- und miteinander, im Sinne von »Ko-Konstruktionsprozessen auf Basis einer inhaltbezogenen Interaktion als integralem Bestandteil des Lernprozesses« (Korff, 2015: 54).

Arbeit an verschiedenen Repräsentations- und Abstraktionsebenen ermöglichen

Von besonderer Bedeutung für die Gestaltung lernausgangslagenorientierter Lernumgebungen im Sachunterricht erscheint die Arbeit an verschiedenen Repräsentations- und Abstraktionsebenen, wobei darunter kommunikativ-interaktive, sensorische, enaktive, ikonische und symbolische Ebenen zu verstehen sind (vgl. Gebauer & Simon, 2012: 15f.; Pech et al., 2017: 124). Lehrpersonen kommt dabei der Auftrag zu, Aufgaben den Lernausgangslagen der

Schüler*innen entsprechend »so zu adaptieren bzw. aufzubereiten, dass sie unterschiedliche Modi der Problemstellung ermöglichen, indem es den Schülerinnen und Schülern möglich ist, in Bezug auf jede einzelne Aufgabe/Problemstellung jede Repräsentationsstufe zu durchlaufen« (Gebauer & Simon, 2012: 16). Hinsichtlich dieser Repräsentationsebenen wird gerade ästhetischen und körperbasierten Zugangsformen ein besonderes Potenzial zugesprochen (vgl. Pech et al., 2017: 124; Kaiser & Seitz 2017: 21 f.; Lange-Schubert & Tretter, 2017a: 284 f.).

Forschendes Lernen

Die selbstständige Gestaltung des Lernprozesses stellt eine Zielperspektive des forschenden Lernens dar, wobei Lernende ausgehend von ihrem Wissen und ihren Kenntnissen eigene Fragestellungen entwickeln und im weiteren Forschungsprozess beantworten (vgl. Knörzer et al., 2019: 9f.). Dabei sollen Lernende den gesamten Forschungszyklus selbsttätig durchlaufen, in dem Frage- und Problemstellungen den Ausgangspunkt darstellen. Daran anschließend werden Vermutungen formuliert, welche eine Verbindung zwischen Ausgangssituation und denkbarer Lösung ermöglichen, um diese durch Beobachtungen, Befragungen oder Experimente zu überprüfen. Nicht zu bestätigende Vermutungen können dabei widerlegt und durch neue Lösungsansätze ausgetauscht werden. Denken und Handeln findet dabei ein enges Zusammenspiel im Erkenntnisprozess (vgl. Knörzer et al., 2019: 10f.; Köhnlein, 2015: 94).

Bestimmung der individuellen Lernausgangslage

Die Bestimmung der individuellen Lernausgangslage im Sachunterricht wird ebenfalls als Kernelement einer inklusiven (Sachunterrichts-)Didaktik angesehen, um anregungsreiche Aufgabenstellungen und Lernumgebungen – angepasst an die individuellen Lernausgangslagen der Schüler*innen – zu ermöglichen (vgl. Gebauer & Simon 2012: 17). Sie nimmt dabei die Lernprozesse der Schüler*innen hinsichtlich der Sache in den Blick, wodurch (Lern-)Barrieren aufgedeckt und individuelle Lernwege unterstützt werden sollen. Mit Blick auf die individuellen Lernausgangslagen der Schüler*innen gehen Lehrpersonen der Frage nach, mit welchen Hilfsmitteln bzw. mit wessen Hilfe sie zur Zone der nächsten Entwicklung gelangen können (vgl. Simon, 2014: 239). Diesen Fragestellungen sollte lernprozessbegleitend und nicht punktgenau zu

einem Zeitpunkt nachgegangen werden (vgl. Seitz, 2008a: 195), wobei verschiedene diagnostische Erhebungsinstrumente (Zeichnungen, Texte, Gespräche mit Schüler*innen, Beobachtungen) zur Anwendung kommen können (vgl. Buholzer, 2006: 71).

4 Primarbildung durch körperbasierte Zugangsweisen

Körperbasierten Zugangsweisen wird, wie im obigen Kapitel beschrieben (vgl. den Absatz zur Arbeit an verschiedenen Repräsentations- und Abstraktions-ebenen), eine besondere Bedeutung für die Gestaltung einer lernausgangslagenorientierten Lernumgebung zugesprochen, wobei sich jedoch eine begriffliche Ausgestaltung des Terminus »körperbasierte Zugangsweisen« in der Literatur nicht wiederfindet.

Laut dem Autor meinen »körperbasierte Zugangsweisen« *Lerngelegenheiten, bei denen Schüler*innen den Kern der Sache bzw. Lerngegenstand durch körpereigene Analysatoren² wahrnehmen können*. Somit fungieren körperbasierte Zugangsweisen als Hilfsmittel bzw. Werkzeug der Welterschließung (vgl. Sandbothe, 2001: 110), weshalb zunächst allen Analysatoren des menschlichen Körpers Bedeutsamkeit bei der Aufnahme von Informationen aus der Lebenswelt zugesprochen wird. Laut Hartmann et al. (2011) und Frings und Müller (2019) unterscheiden wir zwischen folgenden menschlichen Zugangsweisen bzw. Analysatoren:

- Optische Analysatoren (Sehsinn)
- Akustische Analysatoren (Gehörsinn)
- Gustatorische Analysatoren (Geschmackssinn)
- Olfaktorische Analysatoren (Geruchssinn)
- Taktile Analysatoren (Tastsinn)
- Kinästhetische Analysatoren (Bewegungssinn)
- Vestibuläre Analysatoren (Gleichgewichtssinn)
- Wärmeempfinden (vgl. Hartmann et al., 2011: 103; Frings & Müller, 2019: 12–14)

Bei der Verwendung von körperbasierten Zugangsweisen im Unterricht ist zu betonen, dass nicht alle Analysatoren bzw. Zugangsweisen bei jedem Lern-

2 »Ein Analysator ist ein Teilsystem der Informationsaufnahme, -analyse und -weiterleitung [...]« (Hartmann et al., 2011: 101).

gegenstand zum Einsatz kommen müssen. Die Verwendung bedarf einerseits immer einer Überprüfung hinsichtlich der Struktur des Lerngegenstands, andererseits dem Erkenntnisinteresse hinsichtlich der Frage- und Problemstellungen zum Unterrichtsthema (vgl. Köhnlein, 2015: 161 f.; Tänzer, 2015: 453). So nimmt laut Köhnlein (2012) die Didaktik des Sachunterrichts »die Sachen in ihrer Bedeutung für die Grundlegung der Bildung auf und durchdenkt sie im Hinblick auf den Vollzug der Aneignung [...]« (Köhnlein, 2012: 161 f.).

Warum körperbasierten Zugangsweisen besonderes Potenzial für die Implementierung in den (Sach-)Unterricht, mit Blick auf die individuellen Lernausgangslagen, zugesprochen wird, soll im Folgenden an verschiedenen Erklärungsansätzen erläutert werden. Da der Sachunterricht »nicht eine einzige, sondern eine Vielzahl von Fachwissenschaften als Referenzdisziplinen besitzt« (Götz et al., 2015: 13), sollen vier Erklärungsansätze aus verschiedenen Fachdisziplinen aufgezeigt werden:

Kognitionspsychologische Sichtweisen

Anknüpfend an die Theorie von Jean Piaget stellt Aebli die Bedeutung des Handelns für das Denken heraus. Demnach stellen Wahrnehmungstätigkeiten und Handlungen die Grundlagen und Voraussetzungen für kognitive Prozesse dar, wonach Denken aus Handeln hervorgeht (vgl. Aebli, 1993: 13–20, 1976: 98). Laut Aebli (1993) ist Denken und Handeln insofern von Bedeutung, da »das Denken aus Operationen besteht, die im Laufe der Entwicklung des Kindes durch Verinnerlichung tatsächlicher Handlungen fortschreiten« (Aebli, 1993: 13). Bezogen auf die Unterrichtsgestaltungen stellt die Integration von realen und fiktiven Tätigkeiten ein besonderes Potenzial dar, da Aufgaben mit realen Handlungen zur Bildung von theoretischen Begriffen und Operationen beitragen (vgl. Aebli, 1976: 98).

Embodiment

Lernen wurde lange als abstrakter Prozess der Informationsverarbeitung angesehen, welcher wenig mit körperlichen Prozessen zusammenhängt (vgl. Moser, 2016: 15). Embodiment bzw. Embodied Cognition sieht dagegen den Körper als Mittel und Medium, um über diesen wahrnehmen, erleben, erkennen und handeln zu können. Dabei wird insbesondere motorischen und sinnlichen Erfahrungen Bedeutung für den Lernprozess und Wissensaufbau zugespro-

chen (vgl. Moser, 2016: 19; Wendler, 2017: 128). »Embodiment bezeichnet Leibphänomene, bei denen dem Körper als lebendigem Organismus, seinen Bewegungen und Funktionen sowie der Interaktion von Leib und Umwelt eine zentrale Rolle im Rahmen der Erklärung von und den Wechselwirkungen mit Denken, Wahrnehmen, Lernen, Gedächtnis, Intelligenz, Problemlösen, Affekt, Einstellung und Verhalten zugewiesen wird« (Koch, 2011: 22).

Handlungsorientierter Sachunterricht

Die Begrifflichkeit des handlungsorientierten (Sach-)Unterrichts zeichnet sich durch keine definitorische Klarheit aus. Allgemein gesprochen und in Orientierung an Wopp (1995), sollen Schüler*innen die Möglichkeit erhalten, sich handelnd mit dem Lerngegenstand auseinander zu setzen (vgl. Möller, 2015: 403 f.). Dabei stellen Bewegungen, im Sinne von Ortsveränderungen des Körpers bzw. der Körperglieder, Komponenten des Vollzugs von Handlungen dar. Diese dienen dabei immer dem Erreichen einer Gesamtzielstellung, wobei eine Handlung in Teilhandlungen untergliedert werden kann, um das Unterrichtsziel zu erreichen (vgl. Hartmann et al., 2011: 32). Im handlungsorientierten (Sach-)Unterricht darf jedoch nicht nur das bloße Handeln im Vordergrund stehen, sondern es bedarf auch der kognitiven Einbettung der praktischen Aktivitäten, durch beispielsweise Diskussionen oder Reflexionen der Schüler*innen (vgl. Minner et al., 2010: 491; Adamina & Möller, 2013: 106; Möller, 2015: 407). Im Zusammenhang mit einem Lernverständnis, welches Lernen als das Verändern von Vorstellungen ansieht, wird dem handlungsorientierten Unterricht Potenzial für Konzeptveränderung zugesprochen (vgl. Adamina & Möller, 2013: 105; Lange-Schubert & Tretter, 2017a: 273 f.).

Neurowissenschaftliche Sichtweisen

Der Einbezug des kinästhetischen Analysators – dem Bewegungssinn des Menschen – wirkt sich positiv auf Lern- und Verhaltensweisen von Schüler*innen aus. So kann aus der Studie von Andrä (2013) geschlussfolgert werden, dass im Primarbereich die Leistungsgrenzen von Schüler*innen, welche mit Bewegung lernen, höher einzuschätzen sind als bei Schüler*innen ohne Bewegungsmöglichkeiten beim Lernen (vgl. Andrä, 2013: 159). »Insgesamt kann formuliert werden, dass körperliche Aktivität allgemein die Effizienz kognitiver Prozesse fördert« (Andrä, 2013: 159). Diese Tatsache kann einerseits

darauf zurückgeführt werden, dass moderate körperliche Belastungen (z. B. i. S. eines Spaziergangs) im Unterricht die Gehirndurchblutung fördern, was wiederum einen positiven Einfluss auf die geistigen Leistungen bzw. Konzentrationsleistungen von Schüler*innen hat (vgl. Müller, 2010: 21; Kaiser & Zimmer, 2015: 14f.; Folta-Schoofs & Ostermann, 2019: 204f.). Ein weiterer Effekt der Einbeziehung des kinästhetischen Analysators spiegelt sich auf neuronaler Ebene wider, da Bewegungen die Dopaminproduktion und -ausschüttung fördern (vgl. Andrä, 2013: 32; Folta-Schoofs & Ostermann, 2019: 205). So »konnten tierexperimentelle Studien zeigen, dass Bewegung und körperliche Aktivität zu einer Erhöhung der Konzentration von exzitatorisch und inhibitorisch wirkenden Neurotransmittern (insbesondere von Dopamin, Noradrenalin und Serotonin) führen« (Folta-Schoofs & Ostermann, 2019: 205), wobei gerade das Dopaminsystem für Motivation zuständig ist (vgl. Folta-Schoofs & Ostermann, 2019: 106; Raufelder, 2018: 105; Spitzer, 2007: 177). Neben Dopamin wird auch Interesse von Schüler*innen als Voraussetzung für die Aktivierung von Motivation angesehen (vgl. Folta-Schoofs & Ostermann, 2019: 112). Situationales Interesse bei Schüler*innen kann wiederum durch handlungspraktischen Unterricht im Primarbereich geweckt werden (vgl. Lange-Schubert & Tretter, 2017a: 274). Dabei ist jedoch zu betonen, dass Motivation nicht einfach hervorgebracht werden kann, da Lehrpersonen Prozesse durch die obigen Maßnahmen nur anregen können, um das Motivationssystem zu aktivieren (vgl. Folta-Schoofs & Ostermann, 2019: 113f.). Bezogen auf ein Lernverständnis, welches Lernen als Veränderung von Vorstellung ansieht, zeichnet sich Motivation bei Schüler*innen als eine Gelingensbedingung für das Erzeugen von Konzeptveränderungen im naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht aus (vgl. Pintrich et al., 1993: 192).

Aufbauend auf diesem Stand der verschiedenen Erklärungsansätze – die untereinander Überschneidungen aufweisen – lässt sich Potenzial von körperbasierten Zugangsweisen zur Gestaltung von lernausgangslagenorientierten naturwissenschaftlich-technischen Lernumgebungen im Primarbereich ableiten. Demgegenüber steht die Tatsache, dass bisher keine Evidenzen der Effektivität für den Ansatz der körperbasierten Zugangsweisen, speziell für den Sachunterricht, vorliegen (Lange-Schubert & Tretter, 2017a: 287). Dieser Forschungslücke wird mit dem eigenen Forschungsvorhaben begegnet.

5 Die Entwicklung einer lernausgangslagenorientierten naturwissenschaftlich-technischen Lernumgebung

Um Evidenzen für die Effektivität körperbasierter Zugangsweisen im Sachunterricht zu generieren, bedient sich das Forschungsvorhaben dem Forschungsansatz Design-Based Research. Dieser ermöglicht einerseits eine Kooperation zwischen Praxis und Theorie, andererseits möchte er ausgehend von Problemen aus der Schulpraxis, Lösungsansätze entwickeln (vgl. Euler, 2014: 17; Reinmann, 2018: 101). Die Entwicklung einer Lernumgebung erfolgt dabei theoriegeleitet, wobei sich an bestehenden theoretischen Ansätzen der Unterrichtsgestaltung orientiert wird (vgl. Euler & Sloane, 2014: 8; Reinmann, 2018: 98).

Nach der Entwicklung folgt eine formative Evaluation, in der mittels Expert*innenbefragungen und Pilotierung(en) im annähernd realen Schulkontext eine stabile Lernumgebung geformt wird. Diese wird in einer abschließenden summativen Evaluation hinsichtlich der Wirksamkeit körperbasierter Zugangsweisen im realen Schulkontext durchgeführt und bewertet (vgl. McKenney & Reeves, 2012: 133–158), wobei Experimental- (mit vielfältigen körperbasierten Zugangsweisen) und Kontrollgruppen (mit wenigen körperbasierten Zugangsweisen) Verwendung finden.

Im Folgenden soll die entwickelte Lernumgebung – unter Beachtung der genannten Gestaltungsprinzipien zum lernausgangslagenorientierten und naturwissenschaftlich-technischen Unterricht und dem Leipziger Fachverständnis (vgl. Bauer et al., in diesem Band) – zum Lerngegenstand »Überwindung von Hindernissen am Beispiel der Balkenbrücke« prototypisch skizziert werden, wobei das Design der Experimentalgruppe Fokussierung findet. Die inhaltliche Strukturierung der Lernumgebung orientiert sich dabei am Phasenmodell Forschen und Gestalten (vgl. Bauer et al., in diesem Band). Die dargestellte Lernumgebung (vgl. mit Tab. 1) fokussiert eine dritte Klassenstufe mit einem Zeitumfang von ungefähr zweimal 90 Minuten.

Tab. 1: *Strukturierung der Lernumgebung mit dem Prozessmodell Forschen und Gestalten (vgl. Bauer et al., in diesem Band).*

0	Erhebung der Präkonzepte /individuelle Lernausgangslage	
1	Phänomen und Problem wahrnehmen	} Forschen
	– Lernform: wache Anschauung und Materialuntersuchung	
2	Sammeln und Analysieren	
	– Aushandlung Kern der Sache	
	– Ziele und Aufgaben formulieren	} Gestalten
3	Experimentieren und Erkunden	
	– Lernform: Experimente mit körperbasierten Zugangsweisen	
4	Ideen und Verständnis präsentieren /diskutieren	
5	Planung und Organisation des Artefakts	} Gestalten
6	Realsierung und Umsetzung des Artefakts	
7	Präsentation des Artefakts	
	– Lernform: Vernissage	

Skizze einer lernausgangslagenorientierten naturwissenschaftlich-technischen Lernumgebung (Prototyp I)

Den Ausgangspunkt der Lernumgebung bildet die Erhebung der *Präkonzepte zum Lerngegenstand*, wobei die *Ermittlung der individuellen Lernausgangslage* über Zeichnungen und über geschlossene Aufgaben- bzw. Fragenformate vollzogen wird. Dabei können, angepasst an die Lernausgangslagen der Schüler*innen, UK-Materialien³ zur Unterstützung eingesetzt werden. In Anlehnung an sachanalytische Grundlagen zur Thematik der Balkenbrücke, können Fragen zu Druck- und Zugkräften in Brücken oder stabilitätsförderlichen Materialumformungen (Profile) gestellt werden (Lambert & Reddeck, 2007; Möller, 2012). Aufbauend auf diesen Informationen und in Orientierung an den individuellen Lernausgangslagen der Schüler*innen, sollte eine Anpassung der Lernumgebung – auch in Abweichung des hier vorgestellten Prototyps – an diese stattfinden.

3 Unter Unterstützter Kommunikation verstehen wir »alternative und ergänzende Kommunikationsformen für Menschen, denen Lautsprache nicht ausreichend zur Verfügung steht« (Boenisch 2009: 497). Ziel dessen ist die Förderung aller Kommunikationsmöglichkeiten von Menschen ohne Lautsprache, wobei elektronische und nicht-elektronische Kommunikationshilfen zum Einsatz kommen können.

Phase: FORSCHEN

Der Einstieg in die Lernumgebung zielt beim Sammeln und Analysieren auf eine Phänomen- und Problembegegnung zum Lerngegenstand, weshalb die Lernformen der *wachen Anschauung* und der *Materialuntersuchung* (vgl. Käser & Stuber, 2016: 191–201) genutzt werden. Mittels der wachen Anschauung sollen die Schüler*innen über technische Bauwerke, welche das Überwinden von Hindernissen ermöglichen, zum Staunen und Stellen von eigenen Fragen bzw. Vermutungen geführt werden, was wiederum den Ausgangspunkt des *forschenden Lernens* darstellt. Die Materialuntersuchung ermöglicht das Ergünden des Aufbaus oder der Zusammensetzung von Brücken, wobei über sinnliche Wahrnehmungen der Lerngegenstand erschlossen werden kann (vgl. Käser & Stuber, 2016: 191).

In einer anschließenden Plenumsphase kann der *Kern der Sache* mit den Schüler*innen ausgehandelt werden, wobei die Fragen und Vermutungen der Schüler*innen gesammelt und analysiert werden, um für diese im weiteren Forschungs- und Gestaltungsprozess Lösungen zu eruieren. Die Besprechung des weiteren Vorgehens, der weiteren Ziele und Aufgaben stellt einen Übergang in die konkrete Forschungsphase dar.

In dieser erhalten Schüler*innen gemäß dem Dreischritt »Wahrnehmen, Verstehen und Gestalten« (vgl. Bauer et al., in diesem Band) Möglichkeitsräume, um Informationen *körperbasiert* über den kinästhetischen, taktilen, vestibulären, akustischen und optischen Analysator wahrnehmen zu können. Somit wird den Schüler*innen ein individueller Zugang zum Lerngegenstand ermöglicht. Den Kern dieser Phase bildet das Sammeln von Informationen durch das Experimentieren und Erkunden, um somit Ideen zur Gestaltung einer eigenen Balkenbrücke (für die Phase des Gestaltens) zu generieren. Dafür stehen Schüler*innen verschiedene Experimente zum Explorieren eigener Ideen, zum Erproben der Druck- und Zugkräfte und zum Erproben stabilitätsförderlicher Maßnahmen (vgl. Lambert & Reddeck, 2007; Möller, 2012) zur Verfügung. In *Orientierung an guten Aufgaben* und dem *Prinzip der natürlichen Differenzierung* können zur Informationsaufnahme verschiedene Experimente von den Schüler*innen genutzt werden, wobei dies selbstständig, in Partner- oder Gruppenarbeit stattfinden kann. In der *handlungsorientierten* Begegnung und Auseinandersetzung mit Materialien und Werkzeugen, wird gleichzeitig eine sinnliche Wahrnehmungsschulung (vgl. Bauer et al., in diesem Band) ermöglicht.

Nach ausführlichem Erkunden und Experimentieren sollten die Schüler*innen Möglichkeiten bekommen, ihre erworbenen Ideen bzw. ihr Verständnis im Plenum zu diskutieren, um anschließend in die Gestaltungsphase überzugehen.

Phase: GESTALTEN

Den Beginn der Gestaltungsphase bildet das Planen und Organisieren, indem die Schüler*innen Planungsskizzen für das weitere Vorgehen entwerfen und sich entsprechende Materialien zur weiteren Realisierung und Umsetzung (einer eigenen Balkenbrücke) zusammensuchen. Dabei stehen den Schüler*innen vielfältige Möglichkeitsräume zur Gestaltung, unter Bezugnahme von unterschiedlichen Werkzeugen und Materialien, zur Verfügung. Die Arbeit an unterschiedlichen Schwierigkeitsniveaus ergibt sich somit in natürlicher Weise, wobei der Lehrperson in dieser Phase die Rolle als Unterstützer*in zukommt.

Den Abschluss der Gestaltungsphase bilden die Präsentationen und Gespräche über den Arbeitsprozess und das Artefakt. Mittels einer *Vernissage* soll einerseits eine Identifikation und emotionale Bindung zum Artefakt gefördert und andererseits eine Würdigung der individuellen oder kooperativen Arbeit ermöglicht werden (vgl. Käser & Stuber, 2016: 199).

6 Ausblick

Im weiteren Verlauf des Forschungsvorhabens bedarf es nun der ersten formativen Evaluation, um Verbesserungsvorschläge von Expert*innen zu generieren. Zunächst wird dafür eine Fokusgruppendifkussion mit Expert*innen durchgeführt, um die interne Struktur der entwickelten Lernumgebung zu evaluieren. Im weiteren Forschungsprozess wird es von Interesse sein, welche Gestaltungsprinzipien am Ende der Evaluationsphase(n) noch Bestand haben und welche Ergebnisse am Ende der summativen Evaluation, hinsichtlich der Effektivität von körperbasierten Zugangsweisen, aufzuzeigen sind.

Literatur

- Adamina, M. & Möller, K. (2013): Zugänge zum naturwissenschaftlichen Lernen öffnen. In: Labudde, P. (Hrsg.), *Fachdidaktik Naturwissenschaft*. 1.–9. Schuljahr. 2. korrigierte Auflage. Bern/Stuttgart: UTB, 103–116.
- Aebli, H. (1976): Psychologische Didaktik. Didaktische Auswertung der Psychologie von Jean Piaget. 6. Auflage. Stuttgart: E. Klett.
- Aebli, H. (1993): Denken: das Ordnen des Tuns. Band I: Kognitive Aspekte der Handlungstheorie. 2. Auflage. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Ahrbeck, B. (2017): Schulische Inklusion. *Zeitschrift für pädagogische Psychologie* 31 (1), 5–11. <https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000193>.
- Andrä, C. (2013): Kognitive Effekte regelmäßiger Bewegung im Schulalltag. Untersuchung bei Kindern im Projekt »Bewegte Schule« unter spezieller Beachtung der gewebeoxygenierung gemessen mit Nahinfrarotspektroskopie. Berlin: Lehmanns Media.
- Boenisch, J. (2009): Unterstützte Kommunikation. In: Opp, G. & Theunissen, G. (Hrsg.), *Handbuch schulische Sonderpädagogik*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt UTB, 495–504.
- Beinbrech, C. (2017): Technisches Lehren und Lernen. In: Hartinger, A. & Lange-Schubert, K. (Hrsg.), *Sachunterricht. Didaktik für die Grundschule*. 4. Auflage. Berlin: Cornelsen, 122–137.
- Buholzer, A. (2006): Förderdiagnostisches Sehen, Denken und Handeln. Grundlagen, Erfassungsmodell und Hilfsmittel. 2., überarbeitete Auflage. Luzern: Comenius.
- Euler, D. (2014): Design Research – a paradigm under development. In: Euler, D. & Sloane, P. F. E. (Hrsg.), *Design-Based-Research*. Stuttgart: Franz Steiner, 15–44.
- Euler, D. & Sloane, P. F. E. (Hrsg.) (2014): *Design-Based-Research*. Stuttgart: Franz Steiner.
- Folta-Schoofs, K. & Ostermann, B. (2019): Neurodidaktik. Grundlagen für Studium und Praxis. Stuttgart: Kohlhammer.
- Frings, S. & Müller, F. (2019): Biologie der Sinne. Vom Molekül zur Wahrnehmung. 2. korrigierte und aktualisierte Auflage. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-58350-0>.
- GDSU – Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (2013): Perspektivrahmen Sachunterricht. Vollständig überarbeitete und erweiterte Ausgabe. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Gebauer, M. & Simon, T. (2012): Inklusiver Sachunterricht konkret: Chancen, Grenzen, Perspektiven. Hrsg. v. Widerstreit Sachunterricht. Online unter http://www.widerstreit-sachunterricht.de/ebeneI/superworte/inklusion/gebauer_simon.pdf (10.03.2020).

- Götz, M.; Kahlert, J. et al. (2015): Didaktik des Sachunterrichts als bildungswissenschaftliche Disziplin. In: Kahlert, J., Fölling-Albers, M., Götz, M., Hartinger, A., Miller, S. & Wittkowske, S. (Hrsg.), *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts*. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 13–26.
- Grygier, P. & Hartinger, A. (2012): Gute Aufgaben Sachunterricht. Naturwissenschaftliche Phänomene begreifen. 48 gute Aufgaben für die Klassen 1 bis 4. 2. Auflage. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Hardy, I.; Steffensky, M.; Leuchter, M. & Saalbach, H. (2017): Spiralcurriculum Schwimmen und Sinken: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Band 1: Elementarbereich: Telekom Stiftung.
- Hartmann, C.; Minow, H.-J. & Senf, G. (2011): Sport verstehen – Sport erleben. Bewegungs- und trainingswissenschaftliche Grundlagen mit 52 Tabellen. 2., überarbeitete Auflage. Berlin: Lehmanns Media.
- Hinz, A. (2002): Von der Integration zur Inklusion – terminologisches Spiel oder konzeptionelle Weiterentwicklung? *Zeitschrift für Heilpädagogik* 53, 354–361.
- Kaiser, A. & Seitz, S. (2017): Inklusiver Sachunterricht. Theorie und Praxis. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- Kaiser, A. & Zimmer, R. (2015): Bewegter Sachunterricht. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- Käser, A. & Stuber, T. (2016): Technikdidaktische Grundlagen. In: Stuber, T. (Hrsg.), *Technik und Design*. Grundlagen. 2016. Bern: hep, 170–201.
- Kleickmann, T. (2012): Kognitiv aktivieren und inhaltlich strukturieren im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. Handreichung des Programms SINUS an Grundschulen. Online unter http://sinus-an-grundschulen.de/fileadmin/uploads/Material_aus_SGS/Handreichung_Kleickmann.pdf (10.03.2020).
- Knörzer, M.; Förster, L. et al. (2019): Editorial. In: Knörzer, M., Förster, L., Hartinger, A. & Franz, U. (Hrsg.), *Forschendes Lernen im Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 9–16.
- Koch, S. C. (2011). Embodiment. Der Einfluss von Eigenbewegung auf Affekt, Einstellung und Kognition. Empirische Grundlagen und klinische Anwendung. Berlin: Logos.
- Köhnlein, W. (2012): Sachunterricht und Bildung. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Köhnlein, W. (2015): Aufgaben und Ziele des Sachunterrichts. In: Kahlert, J., Fölling-Albers, M., Götz, M., Hartinger, A., Miller, S. & Wittkowske, S. (Hrsg.), *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts*. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 88–97.
- Korff, N. (2015): Inklusiver Mathematikunterricht in der Grundschule. Erfahrungen, Perspektiven und Herausforderungen. 1. Auflage. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.

- Krauthausen, G. & Scherer, P. (2014): Natürliche Differenzierung im Mathematikunterricht. Konzepte und Praxisbeispiele aus der Grundschule. Seelze: Klett/Kallmeyer.
- Lambert, A. & Reddeck, P. (2007): *Brücken – Türme – Häuser. Statisch-konstruktives Bauen in der Grundschule*. Kassel: university press.
- Lange-Schubert, K. & Rothkopf, A. (2017): Naturwissenschaftliches Lehren und Lernen. In: Hartinger, A. & Lange-Schubert, K. (Hrsg.), *Sachunterricht. Didaktik für die Grundschule*. 4. Auflage. Berlin: Cornelsen (Didaktik für die Grundschule), 38–62.
- Lange-Schubert, K. & Tretter, T. (2017a): Inklusives Lernen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. Vom guten Unterricht in heterogenen Lerngruppen. In: Hellmich, F. & Blumberg, E. (Hrsg.), *Inklusiver Unterricht in der Grundschule*. Stuttgart: Kohlhammer, 268–293.
- Lange-Schubert, K. & Tretter, T. (2017b): Inklusives Lernen im Sachunterricht. In: Hartinger, A. & Lange-Schubert, K. (Hrsg.), *Sachunterricht. Didaktik für die Grundschule*. 4. Auflage. Berlin: Cornelsen, 235–256.
- Mammes, I. & Tuncsoy, M. (2013): Technische Bildung in der Grundschule. In: Mammes, I. (Hrsg.), *Technisches Lernen im Sachunterricht. Nationale und internationale Perspektiven*. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren, 8–21.
- McKenney, S. E. & Reeves, T. C. (2012): *Conducting educational design research*. Milton Park, Abingdon, Oxon: Routledge.
- Minner, D. D.; Jurist Levy, A. & Century, J. (2002): Inquiry-Based Science Instruction – What Is It and Does It Matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002. *Journal of research in science teaching* 47 (4), 474–496. <https://doi.org/10.1002/tea.20347>.
- Möller, K. (2012): Was macht eine Balkenbrücke stabil? Technisches Konstruieren und Experimentieren mit Papier. *Sache – Wort – Zahl*, 126 (40), 22–26.
- Möller, K. (2013): Lernen von Naturwissenschaften heisst: Konzepte verändern. In: Labudde, P. (Hrsg.), *Fachdidaktik Naturwissenschaft*. 1.–9. Schuljahr. 2. korrigierte Auflage. Bern/Stuttgart: UTB, 57–72.
- Möller, K. (2015): Handlungsorientierung im Sachunterricht. In: Kahlert, J.; Fölling-Albers, M.; Götz, M.; Hartinger, A.; Miller, S. & Wittkowske, S. (Hrsg.), *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts*. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 403–407.
- Möller, K. (2016): Lernen ermöglichen. In: Stuber, T. (Hrsg.), *Technik und Design. Grundlagen*. 1. Auflage 2016. Bern: hep, 202–211.
- Möller, K.; Hardy, I. et al. (2006): Naturwissenschaften in der Primarstufe. Zur Förderung konzeptuellen Verständnisses durch Unterricht und zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen. In: Prenzel, M. & Allolio-Näcke, L. (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule*. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms. Münster: Waxmann, 161–193.

- Moser, T. (2016): Körper und Lernen. In: Weiß, O.; Vogelsinger, J. & Stuppacher, N. (Hrsg.), *Effizientes Lernen durch Bewegung*. 1. Wiener Kongress für Psychomotorik. Münster: Waxmann, 15–41.
- Müller, C. (2010): *Bewegte Grundschule. Aspekte einer Didaktik der Bewegungserziehung als umfassende Aufgabe der Grundschule*. 3. Auflage. Sankt Augustin: Academia.
- Pech, D.; Schomaker, C. & Simon, T. (2017): Inklusive Fachdidaktik Sachunterricht. In: Ziemer, K. (Hrsg.), *Lexikon Inklusion*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, 124–125.
- Pech, D.; Schomaker, C. & Simon, T. (2018a): Inklusion sachunterrichts-didaktisch gedacht. In: Pech, D., Schomaker, C. & Simon, T. (Hrsg.), *Sachunterrichtsdidaktik & Inklusion. Ein Beitrag zur Entwicklung*. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren, 10–25.
- Pech, D.; Schomaker, C. & Simon, T. (2018b): Sachunterrichtsdidaktik & Inklusion – Einführung in den Band. In: Pech, D., Schomaker, C. & Simon, T. (Hrsg.), *Sachunterrichtsdidaktik & Inklusion. Ein Beitrag zur Entwicklung*. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren, 5–9.
- Pech, D.; Schomaker, C. & Simon, T. (2019): Sachunterrichtsdidaktische Forschung zu Inklusion. In: Pech, D., Schomaker, C. & Simon, T. (Hrsg.), *Inklusion im Sachunterricht. Perspektiven der Forschung*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 9–20.
- Pintrich, P. R.; Marx, R. W. & Boyle, R. A. (1993): Beyond Cold Conceptual Change: The Role of Motivational Beliefs and Classroom Contextual Factors in the Process of Conceptual Change. *Review of Educational Research* 63 (2), 167–199. <https://doi.org/10.3102/00346543063002167>.
- Raufelder, D. (2018): *Motivation in der Schule. Erkenntnisse aus Psychologie, Erziehungswissenschaft und Neurowissenschaften*. Stuttgart: UTB.
- Reinmann, G. (2018): Reader zu Design-Based Research. Online unter: https://gabi-reinmann.de/wp-content/uploads/2018/06/Reader_DBR_Juni~2018.pdf (11.03.2020).
- Sandbothe, M. (2001): *Pragmatische Medienphilosophie. Grundlegung einer neuen Disziplin im Zeitalter des Internet*. Weilerswist: Velbrück Wissenschaft.
- Schroeder, R. (2014): Inklusiver Sachunterricht in der Grundschule – Konzeption und Befunde zur Unterrichtspraxis. In: Lichtblau, M.; Blömer, D.; Jüttner, A.-K.; Koch, K.; Krüger, M. & Werning, R. (Hrsg.), *Forschung zu inklusiver Bildung. Gemeinsam anders lehren und lernen*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 289–304.
- Seidler, M. (2020): Die Entwicklung einer inklusiv-medialen Lernumgebung im naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht mit dem Forschungsansatz Design-Based-Research. In: Filk, C. & Schaumburg, H. (Hrsg.), *Inklusiv-mediale Bildung und Fortbildung – Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme*. In Vorbereitung.

- Seitz, S. (2008a): Diagnostisches Handeln im Sachunterricht. In: Graf, U. & Moser Opitz, E. (Hrsg.), *Diagnostik und Förderung im Elementarbereich und Grundschulunterricht. Lernprozesse wahrnehmen, deuten und begleiten*. 2., überarbeitete Auflage. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren, 190–197.
- Seitz, S. (2008b): Leitlinien didaktischen Handelns. *Zeitschrift für Heilpädagogik* (6), 226–233.
- Seitz, S. (2018): Forschung zu inklusivem Sachunterricht – Bestandsaufnahme und Perspektiven. In: Pech, D., Schomaker, C. & Simon, T. (Hrsg.), *Sachunterrichtsdidaktik & Inklusion*. Ein Beitrag zur Entwicklung. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren, 96–111.
- Simon, T. (2014): Diagnostik als Kernelement inklusiver Didaktik? Inklusionspädagogische Ansprüche an die Schulpraxis am Beispiel von Diagnostik und Didaktik. In: Schuppener, S., Bernhardt, N., Hauser, M. & Poppe, F. (Hrsg.), *Inklusion und Chancengleichheit. Diversity im Spiegel von Bildung und Didaktik*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 238–243.
- Spitzer, M. (2007): Lernen. Gehirnforschung und die Schule des Lebens. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Stuber, T. (2017): Werkweiser 2. Für technisches und textiles Gestalten. 3.–6. Lebensjahr. Handbuch für Lehrkräfte. 8. unveränderte Auflage. Bern: Schulverlag plus.
- Tänzer, S. (2015): Die Sachen erschließen. In: Kahlert, J.; Fölling-Albers, M.; Götz, M.; Hartinger, A.; Miller, S. & Wittkowske, S. (Hrsg.), *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts*. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 448–457.
- Wendler, M. (2017): Embodied Action: Lernen mit dem ganzen Körper. *Motorik* (3), 127–136. <https://doi.org/10.2378/Mot2017.art21d>.
- Werning, R. (2014): Stichwort: Schulische Inklusion. *Erziehungswissenschaft* 17 (4), 601–623. <https://doi.org/10.1007/s11618-014-0581-7>.
- Ziegler, F.; Hartinger, A. et al. (2017): Individuelle Förderung im Sachunterricht. In: Hartinger, A. & Lange-Schubert, K. (Hrsg.), *Sachunterricht. Didaktik für die Grundschule*. 4. Auflage. Berlin: Cornelsen, 213–225.

Autor

Maximilian Seidler

Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Leipzig, Institut für Pädagogik und Didaktik im Elementar- und Primarbereich, Grundschuldidaktik Werken und Sachunterricht unter besonderer Berücksichtigung von Naturwissenschaft und Technik

Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Inklusives und naturwissenschaftlich-technisches Lernen, Theorie-Schulpraxis Transfer

Marschnerstraße 31, 04109 Leipzig, Haus III, Raum 018

Maximilian.Seidler@uni-leipzig.de

Kapitel XII

Phänomen und Praktik

Ein Blick vom phänomenbasierten NaWi-Unterricht zum Technikunterricht

Marc Müller

Abstract

Ausgehend von der Kritik an einer Art Standardrezept naturwissenschaftlichen Unterrichtens werden methodische Grundzüge phänomenbasierten NaWi-Unterrichts dargestellt und anschließend zur Identifizierung verwandter Aspekte im Technikunterricht genutzt. In den Fokus rücken dabei das Lehren von Praktiken, das Bilden von Erscheinungsreihen und das Erleben von Widerständigkeit. Das erlaubt es, abschließend auf die Sonderrolle technischer Bildung aufmerksam zu machen, die ihr allein schon deshalb zufällt, weil jede Technik gleichzeitig natürlich wie kulturell geprägt ist.

1 Phänomenbasierter NaWi-Unterricht

Im Innenteil meines Lieblingscomics steht seit einigen Jahren eine Art *NaWi-Seite*. Monatlich wird den Kindern (sie gelten als Hauptzielgruppe der Hefte) ein naturwissenschaftlicher Versuch nebst seiner Erklärung vorgestellt. Immer handelt es sich um eine ansprechend illustrierte Doppelseite und immer befindet sich links die Beschreibung des Versuchs und rechts dessen Erklärung. Wer genauer hinsieht, erkennt insgesamt vier einzelne Schritte (zwei links, zwei rechts), die in Ansprachen an die Lesenden verwandelt in etwa so lauten könnten:

- Nimm *das* und tue damit genau *dies*!
- Stelle *folgendes* dabei fest!
- Lass mich dir das *erklären*!
- Übrigens findest du sowas auch *hier*.

Dieses vierschrittige Vorgehen ist gewissermaßen das Standardrezept naturwissenschaftlichen Unterrichtens. Jedenfalls drängt sich der Eindruck auf, weil

es häufig Grundschullehrkräften zum Nacheifern nahegelegt wird, weil es in populärwissenschaftlichen Beiträgen (Texten, Filmen, Shows) immer wieder befolgt wird und weil es Erwachsene auf naturwissenschaftsbezogene Fragen von Kindern hin intuitiv anzuwenden scheinen.

Dass es neben diesem stark *explanativen* Standardrezept eine Reihe weiterer gibt, überrascht freilich nicht. Als geradezu gegensätzliches Pendant gilt oft ein *exploratives* Vorgehen, wie es in einem phänomenbasierten NaWi-Unterricht häufig zum Einsatz kommt.

Zum einen lässt sich daher das Standardrezept nutzen, um mit ihm bestimmte reduktionistische Züge naturwissenschaftlichen Unterrichtens (und auch Forschens) zu diskutieren. Überraschenderweise lässt sich jedoch zum anderen an ihm ablesen, worin gerade das Grundproblem eines eher phänomenbasierten NaWi-Unterrichts (bzw. einer phänomenbasierten Naturwissenschaft überhaupt) besteht. Um beides geht es in Kapitel 1. Von einem Lösungsvorschlag für besagtes Grundproblem aus blicke ich dann hinüber zum Technikunterricht und diskutiere in den Kapiteln 2 bis 4 nacheinander drei methodische Aspekte, die das Potenzial haben, auf einen (phänomenbasierten) Technikunterricht auszustrahlen. Dabei zeigt sich zuletzt gar eine Überlegenheit des technischen Denkens gegenüber dem naturwissenschaftlichen.

1.1 Gefangen zwischen Wahrnehmung und Theorie

Oft wird das Vorgehen nach dem oben angeführten Standardrezept »Experimentieren« genannt, oder dasjenige, was dort durchgeführt wird, ein »Experiment«. Experimentieren würde allerdings erstens eine Fragestellung und zweitens ein freigestelltes bzw. selbst gewähltes Vorgehen voraussetzen (vgl. Hartinger et al., 2013). Stattdessen ist hier erstens zu Beginn gerade keine Fragestellung vorhanden (jedenfalls nicht auf Seiten der Kinder) und handeln die Kinder zweitens nach einer vorgegebenen Anweisung. Sie führen also vielmehr einen »Versuch« durch (siehe Tab. 1). Vor dem Hintergrund dieser beiden, zur Beurteilung unterrichtlicher Vorgehensweisen äußerst hilfreichen Kriterien ist dasjenige, wozu das Standardrezept anstiftet, also gerade das Gegenteil von Experimentieren.

Eine Versuchsanweisung gemäß den ersten beiden Schritten des Standardrezepts könnte bspw. lauten: *Nimm ein Teelicht, einen Teelöffel und Streichhölzer. Entzünde dann das Teelicht und halte den Löffel einige Sekunden lang*

Tab. 1: »Vier-Felder-Tafel« von Grygier & Hartinger zur Unterscheidung der vier Weisen des Experimentierens in naturwissenschaftlichen Lernumgebungen (nach Hartinger et al., 2013: 7).

	Fragestellung vorhanden	Fragestellung nicht vorhanden
Vorgehensweise vorgegeben	Laborieren	Versuche durchführen
Vorgehensweise nicht vorgegeben	Experimentieren	Explorieren

über die Flamme. Schau dir dann die Unterseite des Löffels an: Sie ist schwarz geworden!

Jetzt, nach dem korrekten Befolgen der Anweisungen gibt es endlich eine Frage. Sie muss zwar nicht zwingend explizit hingeschrieben sein, aber sie ist doch aufgekommen. Im Kerzenbeispiel lautet sie: *Wieso ist die Unterseite des Löffels schwarz geworden?* Einmal mehr ist es allerdings keine Frage der Kinder. Es ist diejenige Frage, die die Lehrenden im Blick hatten, als sie den Versuch für die Kinder planten.

Noch ist die Debatte um eher reduktionistische oder eher phänomenbasierte Züge naturwissenschaftlichen Unterrichtens gar nicht berührt. *Versuche* kommen schließlich in jedem naturwissenschaftlichen Unterricht vor und dies sicher zu Recht. Entscheidend für die fragliche Debatte ist, was danach passiert. Auf der NaWi-Seite meines Lieblingscomics müssen wir dazu von der linken auf die rechte Seite wechseln. Dort wird jetzt *erklärt*. Unter den Erfolgsbedingungen des Standardrezepts ist daran wenig zu kritisieren. Denn wenn die Frage nun drängend im Raum schwebt, wenn die Lernenden nach einer Antwort lechzen, wenn also der erste Teil des Rezepts »so richtig gut gelaufen« ist, dann stellt die Erklärung den Höhepunkt »der Darbietung« dar.¹

¹ Tatsächlich erinnert diese Dramaturgie an die drei Akte eines Zaubertricks (vgl. Priest, 1995). Auf den ersten Akt (»The Pledge«), in dem das Thema anhand gewöhnlicher Gegenstände vorgestellt wird, folgt der zweite (»The Turn«), in dem mit dem Gewöhnlichen etwas Außergewöhnliches geschieht. Im dritten Akt (»The Prestige«) wird bspw. das Weggezauberte unter Applaus wieder hervorgebracht und so Normalität wiederhergestellt. Er entspricht dem erneuten Sich-Auskennen und Sicher-Sein auf Seiten der Lernenden, nachdem zuvor etwas Ungewöhnliches oder Unerwartetes festgestellt wurde (wie zum Beispiel die Schwärzung eines Löffels). Dieses Wiederherstellen von Normalität kann freilich auf unterschiedliche Weise gelingen.

Trotzdem ist zweierlei auffällig: Weil der Versuch genau beschrieben ist, und das Festzustellende prägnant ausgesprochen, ist es für den Genuss des jetzt anstehenden Höhepunktes im Grund unnötig, den Versuch auch wirklich durchzuführen. Lektüre reicht völlig aus. Mir selbst erging es so bis ins Studium hinein. Keinen einzigen Versuch aus meinem zerlesenen Lieblingsphysikbuch hatte ich je tatsächlich durchgeführt.²

Die zweite Auffälligkeit betrifft die Art der vorgebrachten Erklärungen und ihr fast mythisches Pathos: Die typischerweise an solchen Stellen angebotenen Erklärungen handeln zwar von den zuvor im Versuch benutzten Objekten, sie handeln zusätzlich aber auch von Gegenständen, von deren Anwesenheiten und gegenseitigen Einwirkungen es bisher nicht die leiseste Ahnung gab. Oft, aber nicht immer, handeln sie von »Atomen«. Im Fall der Kerze könnte die (zutreffende) Erklärung bspw. so oder ähnlich lauten: *Was an der Kerze verbrennt, wenn der Docht brennt, ist vor allem das Wachs. Es besteht vor allem aus Kohlenwasserstoffen, das sind Verbindungen aus Kohlenstoff und Wasserstoff. Wenn das Wachs verbrennt, verbinden sich die Kohlenstoffatome des Wachses mit den Sauerstoffatomen der Luft zu Kohlendioxid, während sich die Wasserstoffatome des Wachses mit den Sauerstoffatomen der Luft zu Wasser verbinden. Allerdings verbrennt nur selten alles Wachs. Der unverbrannte Kohlenstoff färbt den Löffel schwarz.*³

Alles was auf der linken NaWi-Seite beschrieben stand, gehörte zur Welt der Kinder. Alle Gegenstände, alle Tätigkeiten, jedes einzelne gebrauchte Wort. Was auf der rechten Seite als Erklärung dazukommt, ist aus einer Welt entliehen, die für die Kinder prinzipiell unerreichbar ist. Diese Seite handelt von nicht-wahrnehmbaren Entitäten, von Tätigkeiten, die den Umgang mit schwer durchschaubaren Geräten verlangen (falls diese Tätigkeiten nicht gleich ganz verschwiegen werden), und ist mit unerläuterten, fremd klingenden Begriffen angereichert. Es könnte auch eine Episode aus der Odyssee sein, die dort erzählt wird. Oder ein Fragment des Demokrit. Der Grad an Ergriffenheit, das

2 Es handelt sich um eine späte Auflage der wunderbaren *Unterhaltsamen Physik* von Jakov I. Perelman (Perelman, 1989).

3 Offensichtlich folgt auch die Dramaturgie der Erklärung derjenigen eines Zaubertricks (vgl. Fußnote 1): Zuerst werden Elemente des Versuchs wiederholt (das Gewöhnliche), dann wird auf bisher unerwähnte Elemente rekurriert (das Außergewöhnliche) und zum Schluss wird das Gewöhnliche im Außergewöhnlichen aufgezeigt und so erklärt (der eigentliche Trick).

Schwanken zwischen Fiktion und Wahrheit, die Traumferne des Beschriebenen – aus der Perspektive des Publikums machte das kaum einen Unterschied.⁴

1.2 Das Grundproblem phänomenbasierter Naturwissenschaft

Was ich oben so plakativ anhand der NaWi-Doppelseite beschrieben habe, findet sich elaborierter verhandelt auch in der jahrzehntelangen fachdidaktischen Debatte um einen phänomenbasierten NaWi-Unterricht wieder. Und zwar zum einen in Form einer (wenig expliziten) Kritik an dem oben skizzierten Standardrezept und zum anderen (allerdings viel zu selten) als Kritik am phänomenbasierten Gegenvorschlag selbst.

In den Überlegungen Martin Wagenscheins bspw. geht es vorrangig um Unterrichtskonzepte, die von der Lebenswelt der Lernenden her in Richtung der Fachwissenschaften weisen. Mit seinen Vorschlägen wird auch heute noch im deutschsprachigen, akademischen Raum ein an Phänomenen orientierter Physikunterricht besonders eng verknüpft. Wagenscheins fachdidaktisches Programm »Von der Wahrnehmung zur Physik« beschäftigt sich dabei immer wieder mit der linken Seite des Standardrezepts (wenn auch pointierter als das Rezept es beschreibt) und fordert nachdrücklich zur sorgfältigen Überbrückung auf dem Weg hinüber zur rechten Seite auf. Er schreibt gar von einer »Kluft zwischen Schulphysik und Kind«, die es zu »verhüten« gilt durch ein »*behutsames Erwecken der physikalischen Haltung aus den ursprünglichen Phasen des kindlichen Naturverhältnisses* [Hervorhebung im Original]« (Wagenschein, 1962: 109).

An diesem Vorhaben wiederum hat bspw. Heinz Muckenfuß eindringlich Kritik geübt, indem er darauf hinwies, dass die Naturwissenschaften gerade nicht »entstehen als kontinuierliche Fortentwicklung der Einsichten, die sich aus der unbefangenen Wahrnehmung der Phänomene ableiten lassen« (Muckenfuß, 2000: 10). Muckenfuß argumentiert gewissermaßen von der rechten Seite her, zieht den Erfolg der Überbrückungsversuche in Zweifel und verstärkt damit den Bruch, den die Befolgung des Rezeptes mit sich bringt (wenn auch pointierter als das Rezept es beschreibt).

4 Das scheint mir zudem der Grund dafür zu sein, wieso auf das *Lass mich dir das erklären!* noch ein *Und übrigens findest du sowas auch hier!* folgen muss. Denn, überspitzt gesprochen, behauptet die Erklärung Wahrheit, obwohl sie wie Fiktion klingt. Diese Spannung muss gelöst werden. Bspw. durch den Hinweis darauf, *dass sich die beschriebene Schwärzung auch an der Tapete über dem Fenstersims findet, auf dem im Advent immer die Kerzen brennen.*



Abb. 1: Die Vorstellung einer Kluft zwischen Lebenswelt und wissenschaftlichen Welt führt zu der Frage, was zwischen Phänomen und Theorie liegt bzw. ob dieser Bereich tatsächlich leer ist.

Das fachdidaktische Bild, dass sich dabei herauskristallisiert, ist das einer Kluft zwischen der Lebenswelt der Lernenden einerseits und der wissenschaftlichen Welt der Experten andererseits (vgl. Abb. 1). Eine der favorisierten Strategien im Umgang mit der Kluft lautet: *Überbrückung*, eine andere: *Hinüberspringen*. Und es gibt sicher noch mehr Strategien.

Was alle diese Strategien jedoch gemeinsam haben, ist die Vorstellung, dass zwischen den beiden Seiten der metaphorischen Kluft nichts liegt, dass die Kluft also *leer* ist. Solange wir jedoch dieser Voraussetzung Glauben schenken, sind wir gefangen in diesem Bild und letztlich auch gefangen im Vorgehen nach dem oben geschilderten Standardrezept. Ich möchte dagegen fragen, was *zwischen* Phänomen und Theorie liegt. In dieser Frage besteht meines Erachtens das Grundproblem einer phänomenbasierten Naturwissenschaft.

1.3 Praktiken!

Wer nach Beiträgen zu phänomenbasierter Physikdidaktik sucht und dabei *phänomenologische*, *phänomenorientierte* oder *erscheinungsorientierte* Beiträge nicht außer Acht lässt, findet mehr als nur »Wagenschein« (siehe Theilmann, 2011: 9–14; Theilmann et al., 2013). Eine zweite Traditionslinie bezieht sich bspw. auf Arbeiten Goethes sowie auf Unterrichtsvorschläge aus der Waldorfpädagogik. Andere Arbeiten wiederum fühlen sich gar keiner Tradition, sondern eher einer Nähe zum Wahrnehmbaren oder einer Ferne zum Reduktionismus verpflichtet. Manche der Beiträge behandeln komplett durchdachte Konzepte, manche nur einzelne Ideen und manche schweifen auch von den mich hier interessierenden naturwissenschaftlichen Gegenständen weit ab.

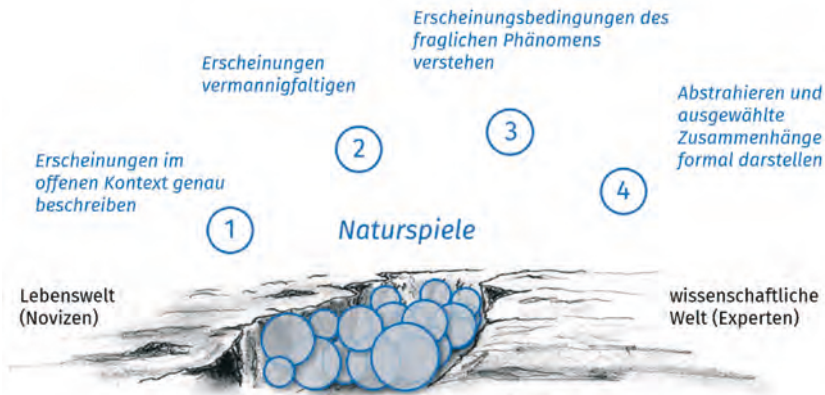


Abb. 2: Die vier methodischen Schritte einer phänomenbasierten Naturwissenschaft (vgl. Müller, 2017).

Was auf den ersten Blick eine ausufernde Vielfalt zu sein scheint, hat bei näherem Hinsehen Methode. Die Beiträge lassen sich nämlich im Bild der Kluft anordnen und beschreiben gemeinsam (und bei Absehen von ihren konkreten Gegenständen) ein komplettes methodisches Vorgehen (vgl. Müller, 2017, Kap. 12).

Die Beiträge der Wagenschein-Tradition zeigen ein besonderes Interesse für die *Spiele Heranwachsender, mittels welcher diese die Natur kennenlernen*. Sie liefern unzählige Beispiele für erste Variationen (Vereinfachung, Steigerung etc.) der Naturerscheinungen und pendeln damit zwischen den Schritten 1 und 2 eines methodischen Vierschritts (siehe hierfür und im Folgenden die Abb. 2). Die Beiträge der Goethe-Tradition wiederum zeigen ein besonderes Interesse für die *Bedingungen, unter denen Naturphänomene erscheinen*, und beschäftigen sich mit Gegenständen, die zwischen Lebenswelt und Fachwissenschaft liegen. Sie versuchen ausgehend von Variationen bzw. Vermannigfaltigungen die Erscheinungsbedingungen des fraglichen Natur- oder Laborphänomens zu verstehen.⁵ Damit überdecken sie vorrangig den Bereich zwischen den Schritten 2 und 3. Weitere Arbeiten beschäftigen sich damit, von hinlänglich verstandenen Erscheinungsbedingungen her an die elaborierten Konzepte der

⁵ Mit *Vermannigfaltigung* ist nicht nur eine Vervielfältigung gemeint, sondern es geht darum, »das Nächste ans Nächste zu reihen«, um entfernt voneinander Stehendes miteinander zu verknüpfen (Goethe, 2006: 330) – vgl. weiter unten Kap. 3.

wissenschaftlichen Welt anzuknüpfen. Dabei gehen sie den Weg von Schritt 3 zu Schritt 4 und wenden dabei hauptsächlich Techniken der Abstraktion und des Formalisierens an (vgl. bspw. Grebe-Ellis, 2005; Quick, 2015; Rang, 2015; Grusche, 2018).

Besonders interessant ist der Bereich um den Schritt 2 herum. Dasjenige, was ausgehend von den sorgfältigen Beschreibungen der Erscheinungen durch die Vermannigfaltigungen neu in Erfahrung gebracht wird, sind *Praktiken im Umgang mit dem fraglichen Phänomen* (vgl. Müller, 2017, Kap. 15). Denn die Vermannigfaltigung der Natur- und Laborerscheinungen geht mit einer enormen Vermehrung von Praktiken einher, Praktiken, die oft nicht nur ausprobiert, sondern oft überhaupt erst angeeignet – *gefunden und erfunden* – werden müssen. Es sind diese Praktiken, die die Leere zwischen den beiden Seiten der Kluft auffüllen. Mit Bezug auf Wittgensteins Erfahrungen aus der Sprachphilosophie und seinen *Sprachspielen* können wir sie *Naturspiele* nennen (vgl. Wittgenstein, 2009).⁶ Bildlich gesprochen bieten sie unseren Füßen Halt beim Überqueren der Kluft.

Im Kontext des oben skizzierten NaWi-Beispiels um die rußende Kerze wurde sich genau gegen ein Erkunden dieses Bereiches entschieden. Damit blieb nur der Sprung vom Phänomen zur Theorie. Interessanterweise liegt bereits seit längerem ein umfassend erprobter Unterrichtsvorschlag im Umkreis dieses Beispiels vor, in dem sich anders entschieden wurde: das Lehrstück »Faradays Kerze« (Wildhirt, 2008).

Das Lehrstück beschreibt einen Unterrichtsgang über etwa 20 Lektionen, die sowohl in der üblichen Stundentafel als auch in einer Projektwoche durchgeführt werden können. Es startet mit der *brennenden Kerze* und behandelt nach und nach intensiv die Fragen danach, *was eigentlich brennt, was in der Flamme los ist und wohin die am Verbrennungsvorgang beteiligten Stoffe gehen bzw. woher sie kommen*. Am Ende ist u. a. ein universeller Stoffkreislauf aus »Photosynthese« und »Pyrolyse« aufgeschlossen. Die Kinder folgen dabei den Spuren Michael Faradays und seinen *Weihnachtsvorlesungen für die Jugend* an der Royal Institution in London (Faraday, 1871). Es ist kaum in knappe Worte

6 Mit den wissenschaftshistorischen Arbeiten Friedrich Steinles lassen sich diese Praktiken zudem als genau diejenigen Entdeckungen identifizieren, die in historischen Phasen *explorativen Experimentierens* die Erkundung noch unerforschter Phänomenbereiche erlaubten (Steinle, 2005). Manche dieser entdeckten, entwickelten, gefundenen und erfundenen Praktiken sind später einfach in Vergessenheit geraten – was letztlich wiederum ein Licht auf den Ursprung der beklagten Kluft wirft.

zu fassen, was sie dabei alles *tun* und sich *praktisch aneignen*: aus den Flammen wird Wasser heraufdestilliert, Flammen werden zerteilt, Wachsdampf wird gesammelt, Flammen werden durchleuchtet, Pflanzen mit Flammendunst gedüngt usw. usf. Ein schieres Feuerwerk an Praktiken!

Zugegeben, was dort vorgeschlagen wird, passt nicht auf eine einzige Doppelseite. Das war allerdings auch nicht mein Punkt. Es ging mir nur darum, zu zeigen, dass zwischen den beiden Seiten des Standardrezepts sehr wohl etwas liegt. Und darum, dass es *Praktiken* sind, auf die es ankommt, wenn phänomenbasiert unterrichtet werden soll.

2 Praktiken lehren im Technikunterricht?

Ich fokussiere in den folgenden drei Kapiteln auf drei zentrale methodische Aspekte eines phänomenbasierten NaWi-Unterrichts, von denen womöglich auch ein phänomenbasierter Technikunterricht profitieren kann.

Dass ein phänomenbasierter NaWi-Unterricht auf das Lehren von Praktiken nicht verzichten kann, liegt daran, dass Praktiken die Übergänge von Phänomenen zu Theorien bilden. Dass ein Technikunterricht auf das Lehren von Praktiken nicht verzichten kann, muss dagegen nicht eigens begründet werden. Vielleicht muss es nur hin und wieder erneut betont werden! Damit im Zuge neuerer Unterrichtsentwicklungen weder der *analoge Ursprung* jeglicher Arten von Technikverständnis in Vergessenheit, noch die verblüffend simple und nachhaltige *technikunterrichtliche Ausstattung* der Schulen ins Hintertreffen gerät. Etwas überspitzt formuliert benötigt der Technikunterricht während der ersten Schuljahre nicht mehr als ein paar Werkplätze, eine Küche und ein kunterbuntes Lager, vollgestopft mit Materialresten. Keine Lehrbücher, keine Tablets, sondern stattdessen Lehrkräfte, die irgendeine praktische Fertigkeit beherrschen. Egal welche. Und dann einen Platz in der Studentafel.

Zwar ist es ein bildungspolitischer Gemeinplatz, dass *Technik alle unsere Lebensbereiche durchdringt und prägt* (vgl. GDSU, 2013), was dabei mit »Technik« gemeint ist, ist dagegen schwerer zu fassen. Ich selbst halte die antike, bspw. aristotelische Vorstellung von »*téchne*« für einen hilfreichen Ausgangspunkt (der freilich Schritt für Schritt hin zu modernen Auffassungen verlassen werden kann und auch sollte). Gemäß dieser Auffassung sind die modernen Felder der »Kunst« und »Technik« noch nicht voneinander geschieden, jedoch gleichwohl abgesetzt vom modernen Feld der »Wissenschaften«. Das

gelingt, weil als das Gemeinsame der ersten beiden Felder das *Handwerkliche* hervorgehoben wird, während als das Unterschiedliche auf dem dritten Feld stärker das *Denken* betont wird. Erstaunlicherweise ist *téchne* dadurch nicht einmal abgewertet gegenüber *epistème*, sondern als eine Voraussetzung erfolgreicher wissenschaftlicher Tätigkeiten gesetzt. Wer sich daran erinnert, dass innerhalb moderner Wissenschaften bspw. Techniken des Abstrahierens, Formalisierens und Darstellens zur Anwendung kommen, wird diese Vorgängigkeit auch dort finden. Technik und Kunst im Sinne von *téchne* stehen jedenfalls, so glaube ich, immer am Anfang – menscheitsgeschichtlich und individualgeschichtlich.

Für den Technikunterricht heißt das meines Erachtens, dass (neben vielem anderen) gelehrt werden sollte, erfolgreich handwerklichen »Rezepten« zu folgen und dabei selbst etwas hervorzubringen. Natürlich gehört dazu auch, einfache handwerkliche Tätigkeiten auszuführen und den Umgang mit bestimmten Werkzeugen zu meistern. Erfolgreich einem Rezept zu folgen, das gar kulturgeschichtlich auf uns gekommen ist, geht darüber jedoch weit hinaus. Ich denke bspw. an folgende werkschaffende Tätigkeiten:

- ein Brot (ohne Backmischung) backen
- Eier auf sorbische Art färben
- einen Löffel schnitzen
- ein Seil drehen
- einen Beutel nähen
- ein Feuer entzünden (usw. usf.)

Um so etwas zu leisten, muss zwingend bestimmten Regeln gefolgt werden. Das ist mit Mühe, oft auch mit Frust und Misserfolg verbunden. Manche der relevanten Regeln sind zudem nicht einmal transparent. Wer das schafft, hat allerdings mehr gelernt, als nur das jeweilige Ziel zu erreichen. Wer das schafft, hat – mehr oder minder meisterlich – eine Technik erlernt. Vom Prinzip her kann bspw. beim Backen eines einzigen Brotes gelernt werden, jegliche Arten von Teigwaren, die jemals irgendwo hergestellt worden sind, zuzubereiten.

Das, so meine ich, ist auch der Unterschied zwischen dem erfolgreichen Befolgen eines Rezeptes und der erfolgreichen Durchführung eines Versuchs. Wer gemäß einer Anleitung einen naturwissenschaftlichen Versuch durchführt, bringt damit ein singuläres Phänomen zur Erscheinung. Um dieses in den Naturzusammenhang einzubetten, bedarf es dann weiterer Variationen und Praktiken (oder eben einer Erklärung). Wer nach einem Rezept etwas her-

stellt, erprobt dagegen ein weitreichend anwendbares Verfahren, eine Technik eben. Das Rezept trägt seine Variationen bereits in sich. Es ist bereits selbst Praktik.

3 Erscheinungsreihen bilden im Technikunterricht?

Einer der erfolgreichsten methodischen »Tricks« einer phänomenbasierten Naturwissenschaft ist das Bilden von Erscheinungsreihen. Die Grundidee stammt von Goethe. In seinem zu Recht berühmten (und passagenweise unübersichtlichen) Aufsatz *Der Versuch als Vermittler von Objekt und Subjekt* (Goethe, 2006) beschreibt er pointiert ein naturwissenschaftliches Dilemma: Die Naturwissenschaftstreibenden gehen auf der einen Seite stets davon aus, dass die Natur ein zusammenhängendes Ganzes bildet, und beobachten auf der anderen Seite ausnahmslos singuläre Erscheinungen. Die Zusammenhänge, die bspw. durch die Angabe von Naturgesetzen ausgedrückt werden, sind schlicht nicht wahrnehmbar. Deshalb scheint nichts weiter übrig zu bleiben, als sich diese Zusammenhänge kraft eines geübten Verstandes dazu zu denken, also hypothetische Entitäten zu erfinden und diese in genialen Theorien miteinander wechselwirken zu lassen.

Genau das hatte der junge Goethe auch als das gebotene naturwissenschaftliche Vorgehen gelobt (vgl. Müller, 2017: 180). Der älter werdende Goethe stand dem Theoretisieren allerdings zunehmend skeptisch gegenüber. Anstatt die naturwissenschaftliche Prämisse vom Holismus der Natur jedoch zu verwerfen, bot er einen Ausweg an: Wenn wir eine singuläre Erscheinung in überschaubaren Schritten variierten, könnten wir sie in eine andere singuläre Erscheinung überführen und so die Zusammenhänge der Natur erfahrbar machen. Wir müssten dann nicht mehr Theoretisieren, sondern könnten, wenn wir »das Nächste ans Nächste reih[t]en«, die Naturzusammenhänge direkt an der Natur ablesen (Goethe, 2006: 330). »Vermannigfaltigung« heißt diese Variationstechnik bei Goethe (vgl. oben Kap. 1.3 – der späte Wittgenstein hatte sich in genau diesem Punkt von Goethe anstecken lassen und führte u.a. in seinen *Philosophischen Untersuchungen* reihenweise Vermannigfaltigungen von Sprachspielen vor (Wittgenstein, 2009): daher oben die Rede von *Naturspielen*).

An einem Beispiel aus dem Bereich *Spiegel* bzw. *Reflexion* möchte ich das demonstrieren: Außer ebenen Spiegeln werden im Optikunterricht auch ge-

krümmte Spiegel thematisiert. Meist wird zuerst der ebene Spiegel behandelt und mit ihm das Reflexionsgesetz. Anschließend werden einzelne Hohl- oder Wölbspiegel vorgestellt (bspw. Löffel oder Weihnachtskugeln), manchmal auch gekrümmte Zylinderspiegel untersucht (bspw. mit biegsamer Spiegelfolie).

Anstatt, wie es häufig passiert, mit schmalen Lichtbündeln auf die Spiegel zu leuchten und die Lichtwege zu verfolgen, könnten wir, wie es im Unterricht auch gelegentlich geschieht, in diese Spiegel hineinschauen und nach der Struktur der dreidimensionalen Spiegelräume fragen, die hinter den spiegelnden Flächen liegen und in denen die gespiegelten Gegenstände ihre bestimmten Orte haben (Schön, 1994). Es bleibt aber das didaktische Problem, dass der konkrete ebene Spiegel, sowie die konkreten Hohl- und Wölbspiegel einzelne Erscheinungen sind, deren optischer Zusammenhang gedanklich hergestellt werden muss (bspw. durch wiederholtes Verfolgen der Wege reflektierter Lichtbündel und das Konstrukt »Lichtstrahl«). Durch allmähliches Biegen der Spiegelfolie können zwar die Übergänge zwischen den Spiegelformen verfolgt werden, allerdings nur in einer Krümmungsdimension, eben als Zylinder. Was das für die Krümmung einer Spiegelfläche in zwei Dimensionen bedeutet, müssen wir uns auch hier in unserer Vorstellung ausmalen. Eigentlich bräuchten wir einen ebenen Spiegel, der sich zu einer Kugel aufblasen ließe.

Und genau so einen Spiegel können Sie sich bauen! Für einen detaillierten und nachdrücklich zu empfehlenden Konstruktionsvorschlag verweise ich auf die Literatur und deute nur an, dass es möglich ist, spiegelnde Rettungsdecken luftdicht über eine Tonne zu spannen und letztere aufzublasen oder auszusaugen (Schön, 1984; Maier, 2004). Was Sie mit so einem verformbaren Hohl-Wölb-Spiegel erhalten, ist eine lückenlose Erscheinungsreihe, die alle optischen Zusammenhänge der klassischen, einfachen Spiegelformen quasi auf einen Schlag erfahrbar und den Rückgriff auf nur vorgestellte Entitäten überflüssig macht.⁷ Den meisten Menschen wird dabei übrigens kurz schwindlig.

In welcher Gestalt finden sich Erscheinungsreihen im Technikunterricht? Um einen Vorschlag zu skizzieren, wähle ich als Beispiel die Frage, wieso unser

7 Eine Vielzahl weiterer Erscheinungsreihen enthalten die *Optik der Bilder* von Georg Maier (Maier, 2003) sowie die *Expeditionen in die Mechanik* von Florian Theilmann (Theilmann, 2006) (– ebenso Grebe-Ellis, 2005; Quick, 2015; Rang, 2015; Grusche, 2018). Auch Sigfried Thiel macht regen Gebrauch von ihnen (vgl. Thiel, 2011).

Fahrrad so konstruiert ist, wie es konstruiert ist. Eine naheliegende Antwort könnte auf die Funktionsweisen von Hebeln, Zahnrädern und Riemen- bzw. Kettengetrieben eingehen, was wichtige Themen für den Technikunterricht sind. Eine andere Art der Antwort könnte zwar gleichfalls auf den Antrieb zielen, aber weit früher mit dem Laufrad beginnen. Vielleicht in etwa so (vgl. dafür Abb. 3):

Angenommen, die »Draisine«, das Laufrad mit Lenkung sei gerade erfunden und jemand neckte Sie mit der Idee, Ihr Exemplar zu optimieren. Sie würden, davon bin ich überzeugt, niemals auf die uns vertraute Lösung des Kettenantriebs kommen. Die beiden Fahrradvarianten liegen einfach zu weit auseinander. Stattdessen stellen Sie nach dem Beschleunigen Ihres Laufrades erst einmal fest, dass die Stöße des über Stock und Stein rollenden Rahmens selbst durch die Auspolsterung zwischen Ihren Beinen nicht ausreichend gedämpft werden. Eine Lösung (außer der Federung Ihres Sitzes) besteht in einer Vergrößerung der Räder, weil größere Räder über Unebenheiten leichter hinwegrollen. Dazu muss die Sitzstange Ihres neuen »Hobby Horse« geschwungen sein, weil Sie sonst mit Ihren Füßen nicht mehr den Boden erreichen. Jetzt fahren Sie nicht nur bequemer, sondern, so Sie mögen, auch schneller als zuvor! Allerdings nur so schnell, wie Sie auch mitlaufen können.

Da bemerken Sie, dass während des geschwindigen Hinabrollens eines Hügels Ihre Füße ganz frei sind. Wenn Sie die Nabe des Vorderrades dort, wo Ihre Füße so bequem hinreichen, links und rechts mit einer Kurbel versähen, könnten Sie womöglich noch schneller fahren! Das glückt tatsächlich, aber auch mit Ihrem »Tretkurbelrad« erreichen Sie das alte Limit, wenn auch auf neue Weise: Sie können einfach nicht noch schneller trittreten, obwohl Sie eigentlich noch schneller fahren könnten!

Die Lösung des Problems ist eine Vergrößerung des Vorderrades. Damit legen Sie bei jeder Umdrehung eine längere Strecke zurück und schieben damit das Geschwindigkeitslimit, bei dem Sie nicht mehr trittreten können, nach oben. Und weil Ihnen das nicht reicht, vergrößern Sie das Vorderrad noch weiter. »Hochrad« nennen Sie das Ergebnis. Das Anfahren wird zwar zunehmend mühevoller, weil in dieser Phase gleichzeitig stärkeres Balancieren und der Einsatz Ihres ganzen Körpergewichts beim Antritt gefordert sind. Aber dafür werden Sie später mit immer noch schnellerer Fahrt belohnt.

Leider gefährdet Ihr Fahrstil inzwischen die übrigen Verkehrsteilnehmenden und ist die Fallhöhe beim gelegentlichen Umkippen unangenehm groß. Doch Moment, es gibt schließlich nicht nur Kurbeln, sondern auch Riemen-

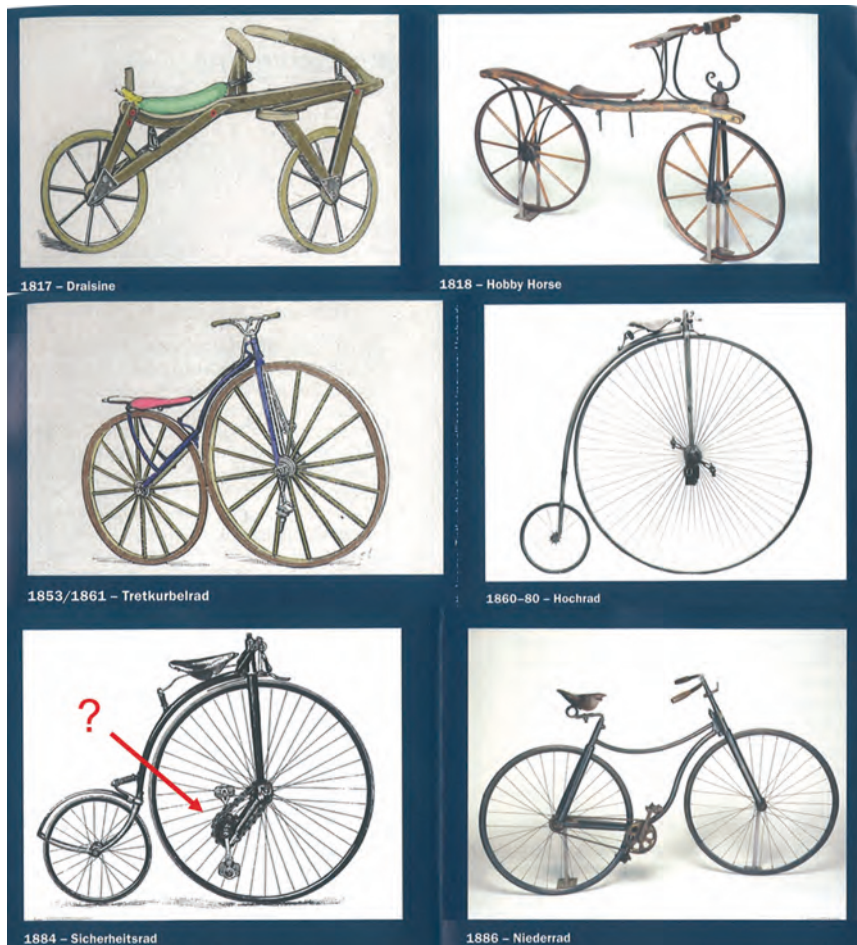


Abb. 3: Sechs historische Prototypen des Fahrrads inkl. einer kniffligen Konstruktion (© Weltwissen Sachunterricht, siehe Zolk, 2014).

getriebe in Ihrer Welt! Wenn es Ihnen gelänge, zwischen Kurbel und Radnabe eine Übersetzung einzubauen, meinetwegen über eine Kette, könnten Sie die Radgröße wieder reduzieren. Das ist freilich sehr knifflig, weil die Speichen des Rades der Kurbelwelle im Weg sind. Aber angenommen Sie hätten das gelöst und das Laufrad nun hin zum »Sicherheitsrad« optimiert, könnten Sie den Kettenantrieb dann nicht gleich ans Hinterrad verlegen? Das wäre auf jeden Fall weniger knifflig ...

Was ich hier so salopp skizziert habe, ist keine naturwissenschaftliche Erscheinungsreihe, die Zusammenhänge zwischen weit auseinanderliegenden Natur- oder Laborphänomenen erfahrbar macht, sondern Beispiel für eine Sorte technischer Erscheinungsreihen, die kulturhistorisch weit auseinanderliegende Prototypen miteinander verknüpft. Mir jedenfalls machen solche Reihen verständlich, *dass* und *wie* Erfindungen in Kunst, Technik und Design zwingend Teil einer Entwicklungslinie sein *müssen*. Erfindungen sind nichts Singuläres, sie sind etwas Gewordenes, etwas Aufeinanderaufbauendes und sich variantenreich Wiederholendes. Techniken sind Teil der Menschheitsgeschichte. Und wir, die sie anwenden, sind es auch.

4 Widerständigkeit erleben lassen im Technikunterricht?

Sich eine Praktik anzueignen, geschieht immer gegen den Widerstand irgendeiner Autorität. Ohne diese könnten wir schließlich beliebig agieren. Das Erlernen der Farbworte bspw. gelingt nur, weil die Sprachgemeinschaft dabei eine Autorität ausübt. Richtige Verwendungen werden bestätigt und falsche sanktioniert. Gleichzeitig bürgt die Sprachgemeinschaft dafür, dass die erlernte Sprachpraxis auch weiterhin gilt und das Erlernte anwendbar bleibt. Das Erlernen bspw. des Fahrradfahrens gelingt wiederum nur, weil hier, im übertragenen Sinn, die Natur eine Autorität ausübt. Auch sie bestätigt gelingende Versuche und sanktioniert falsche Bewegungen. Auch sie bürgt, wieder im übertragenen Sinn, dafür, dass das heute Erlernte morgen noch Erfolg hat.

Dort liegt auch der Grund dafür, dass das Hauptziel einer phänomenbasierten Naturwissenschaft nicht in der Angabe von Naturgesetzen, sondern im Verstehen von Erscheinungsbedingungen besteht. Die Erscheinungsbedingungen drücken am deutlichsten aus, was an dem fraglichen Natur- oder Laborphänomen allein Natur ist. Naturgesetze gehören bereits teilweise wieder zur Sphäre der Kultur. Das fällt bspw. am Thema der oben erwähnten gekrümmten Spiegel auf: Wenn wir uns zur Erklärung optischer Abbildungen an Hohlspiegeln auf das Spiel von Brennpunkt- und Parallelstrahlen einlassen, müssen wir die Spiegelfläche auf achsennahe Bereiche beschränken, weil es in achsenfernen Bereichen zu sogen. Abbildungsfehlern kommt. Das ist aber allein die Folge unseres Interesses an der Konstruktion bestimmter optischer Geräte. Was ein Naturgesetz zu sein scheint, ist eigentlich ein Konstruktionsgesetz, also eine äußerst geschickte Verwandlung von Natur in Kultur (vgl.

Janich, 1973; Tetens, 1982). In einer phänomenbasierten Beschreibung der Spiegelbilder an Hohlspiegeln dagegen kommen Abbildungsfehler nicht vor. Nicht etwa, weil sie dort ignoriert würden, sondern weil der ontologische Platz, an dem sie stehen, bei der Angabe der Erscheinungsbedingungen von Spiegelbildern gar nicht entsteht.⁸

Deshalb ist es auch kein versehentlicher Lapsus, dass oben in Abb.2 die vier methodischen Schritte wie eine Brücke angeordnet sind, obwohl ich in Kap.1.3 gerade gegen die Strategie einer Überbrückung der metaphorischen Kluft argumentiert habe. Alles was »unten« liegt, gehört verstärkt zur Sphäre der Kultur, je weiter wir nach »oben« gelangen, desto näher sind wir der Sphäre der Natur.

Es gibt jedenfalls Widerständigkeiten gegen unsere Praktiken, die sehr klar zur Sphäre der Natur gehören. Neben den Erscheinungsbedingungen sind es bspw. die Materialeigenschaften unserer Baustoffe oder auch unsere eigene physische Konstitution. Andere Widerständigkeiten gehören klar zur Sphäre der Kultur. Neben der Sprachgemeinschaft sind es bspw. unsere Kulturgeschichte, unsere Institutionen oder auch schlicht die aktuelle Mode. Sie alle schreiben unseren Praktiken jeweils bestimmte Grenzen vor und bürgen gleichzeitig für ihr Gelingen. Dafür, zu erfahren, welche der Sphären in bestimmten Situationen wie Autorität hat, müssen wir die jeweilige Widerständigkeit erleben.

An dieser Stelle erlangt alles Technische eine ausgezeichnete Sonderrolle. Denn die Technosphäre umgreift sowohl die natürliche als auch die kulturelle. Tätigkeiten wie das erfolgreiche Befolgen bewährter Rezepte oder das Erfinden, Tüfteln und Reparieren gelingen stets nur unter geschickter Ausnutzung der Widerständigkeiten von sowohl Natur als auch Kultur.

Daraus (und aus anderen, hier nicht erwähnten Elementen) erwächst ein besonderer Status des Technikunterrichts innerhalb der Menge der Grundschulfächer. Damit fällt ihm allerdings auch eine besondere Verantwortung zu. Er müsste ja nicht nur dazu anstiften, sich in der Technosphäre zu tummeln, sondern auch dabei helfen, die verschiedenen Bereiche voneinander unterscheiden zu lernen. Nicht immer explizit, aber stellenweise dann schon.

8 Thomas Quick hat das am Beispiel der Schatten ausgeführt, wo in der vollständigen phänomenbasierten Beschreibung die Unschärfe von Schattenrändern nicht als Abbildungsfehler gedeutet, sondern als systematische Abbildung der Form der verwendeten Leuchte erkannt wird (Quick et al., 2009).

Literatur

- Faraday, M. (1871): *Naturgeschichte einer Kerze. 6 Vorlesungen für die Jugend.* Berlin: Oppenheim.
- GDSU – Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (2013): *Perspektivrahmen Sachunterricht.* Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Goethe, J. W. von (2006): Der Versuch als Vermittler von Objekt und Subjekt. Kautelen des Beobachters. In: Richter, K. (Hrsg.), *Sämtliche Werke nach Epochen seines Schaffens*, Münchner Ausgabe (Band 4.2). München: Btb Verlag, 321–332.
- Grebe-Ellis, J. (2005): Grundzüge einer Phänomenologie der Polarisation. Entwicklung einer phänomenologischen Beschreibung der Polarisation als Grundlage für Curricula zur Polarisation in Schule und Hochschule. Berlin: Logos.
- Grusche, S. (2018): Ein bildbasierter Zugang zur Linsenabbildung und Spektroskopie. Dissertation. Weingarten: Pädagogische Hochschule Weingarten.
- Hartinger, A.; Grygier, P.; Tretter, T. & Ziegler, F. (2013): *Lernumgebungen zum naturwissenschaftlichen Experimentieren.* Kiel: IPN Leibniz-Institut f. d. Pädagogik d. Naturwissenschaften an d. Universität Kiel.
- Janich, P. (1973): *Zweck und Methode der Physik aus philosophischer Sicht.* Konstanz: Univ.-Verl.
- Maier, G. (2003): *Optik der Bilder.* Dürna: Verl. der Kooperative.
- Maier, G. (2004): Ein verformbarer Hohl-Wölb-Spiegel. In: Grebe-Ellis, J. (Hrsg.), *Blicken, sehen, schauen. Beiträge zur Physik als Erscheinungswissenschaft.* Dürna: Verl. der Kooperative, 63–77.
- Muckenfuß, H. (2000). Retten uns die Phänomene? Anmerkungen zum Verhältnis von Wahrnehmung und Theorie. *Plus Lucis* 9(3), 10–14.
- Müller, M. (2017): *Grammatik der Natur. Von Wittgenstein Naturphänomene verstehen lernen.* Berlin: Logos. <https://doi.org/10.5281/zenodo.343889>.
- Perelman, J. I. (1989): *Unterhaltsame Physik.* Moskau, Leipzig: MIR [u. a.].
- Priest, C. (1995): *The Prestige.* London: Touchstone.
- Quick, T. (2015): *Phänomenologie der optischen Hebung.* Berlin: Logos.
- Quick, T.; Müller, M. & Grebe-Ellis, J. (2009): Mathematische Beschreibung von Schattenbildern im Kontext der phänomenologischen Optik. In: Nordmeier, V. & Grötzebach, H. (Hrsg.), *Didaktik der Physik. Beiträge zur Frühjahrstagung der DPG 2009 in Bochum.* Berlin: Lehmanns Media.
- Rang, M. (2015): *Phänomenologie komplementärer Spektren.* Berlin, Logos.
- Schön, L.-H. (1984): Bilder am großen Spiegel. Beispiele für eine Berücksichtigung affektiver Komponenten im Physikunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie* 32(12), 429–433.
- Schön, L.-H. (1994): Ein Blick in den Spiegel. Von der Wahrnehmung zur Physik. *Physik in der Schule* 32(1), 2–5.

- Steinle, F. (2005): Explorative Experimente. Ampère, Faraday und die Ursprünge der Elektrodynamik. Stuttgart: Steiner.
- Tetens, H. (1982): Was ist ein Naturgesetz? *Journal for General Philosophy of Science – Zeitschrift für Allgemeine Wissenschaftstheorie* 13(1), 70–83. <https://doi.org/10.1007/BF01801186>.
- Theilmann, F. (2006): Expeditionen in die Mechanik. Themen und Motive für erscheinungsorientierten Physikunterricht. Stuttgart: Pädag. Forschungsstelle beim Bund der Freien Waldorfschulen.
- Theilmann, F. (2011): Die Kunst der Untersuchung. Essays zu einem erscheinungsorientierten Physikunterricht. Habilitationsschrift. Potsdam: Universität Potsdam.
- Theilmann, F.; Buck, P.; Murmann, L.; Østergaard, E.; Hugo, A.; Aeschlimann, U. & Rittersbacher, C. (2013): Phänomenologische Naturwissenschaftsdidaktik. Erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Positionierung und erziehungswissenschaftliche Folgerungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)* 19, 397–416.
- Thiel, S. (2011): Der springende Ball – Erfahrungen und hochschuldidaktische Reflexionen. In: Hempel, M. & Wittkowske, S. (Hrsg.), *Entwicklungslinien Sachunterricht. Einblicke in die Geschichte einer Fachdidaktik*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, 175–185.
- Wagenschein, M. (1995): Die Pädagogische Dimension der Physik. Aachen-Hahn: Hahner Verl.-Ges.
- Wildhirt, S. (2008): Lehrstückunterricht gestalten. »Man müsste in die Flamme hineinschauen können«. Bern: hep.
- Wittgenstein, L.; Anscombe, G. E. M.; Hacker, P. M. S. & Schulte, J. (2009): Philosophische Untersuchungen. Philosophical Investigations. Chichester, West Sussex, U.K, Malden, MA: Wiley-Blackwell.
- Zolk, M. (2014): Das Fahrrad – Geschichte und Technik. *Weltwissen Sachunterricht* 2014/1, 48–53.

Autor

Marc Müller, Dr.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Humboldt-Universität zu Berlin, Sachunterricht und seine Didaktik

Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Didaktik des Sachunterrichts, Phänomenologische Zugänge zur Physik, Lehrstückunterricht, Wissenschaftsphilosophie

Unter den Linden 6, 10099 Berlin

mueller.marc@hu-berlin.de